

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Kompetenztransfer in der laparoskopischen Simulation:
Vergleich chirurgischer Trainingseffekte
von VR-Simulator, Boxtrainer und Serious Games

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

Vorgelegt von

Natascha Müller
aus Kirchen an der Sieg

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

[REDACTED]

1. Gutachter:

[REDACTED]

2. Gutachter:

[REDACTED]

3. Gutachter:

[REDACTED]

Tag der Promotion:

07. Februar 2024

Meinen verstorbenen Großeltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
2 Literaturdiskussion.....	3
2.1 Die Entwicklung der Laparoskopie.....	3
2.2 Vorteile und Nachteile der Laparoskopie gegenüber der Laparotomie.....	4
2.3 Entwicklung, Vorteile und Limitationen der laparoskopischen Simulation.....	7
2.4 Laparoskopische Simulatoren.....	11
2.4.1 Virtual Reality - Simulatoren.....	11
2.4.2 Boxtrainer.....	13
2.4.3 Serious Games.....	14
2.5 Skill Transfer.....	18
2.6 Nichttechnische Aspekte der chirurgischen Leistung sowie Ausbildung.....	22
3 Material und Methoden.....	26
3.1 Studienpopulation und Studiendesign.....	26
3.2 Simulatoren.....	28
3.2.1 Virtual Reality - Simulator (LapSim).....	28
3.2.2 Boxtrainer (Lübecker Toolbox).....	29
3.2.3 Serious Game (Wii U – „Underground“).....	30
3.3 Eingangs- und Ausgangstest.....	31
3.4 Interventionsgruppen.....	33
3.4.1 Interventionsgruppe Virtual Reality - Simulator (LapSim).....	33
3.4.2 Interventionsgruppe Boxtrainer (Lübecker Toolbox).....	33
3.4.3 Interventionsgruppe Serious Game (Wii U – „Underground“).....	35
3.5 Fragebögen.....	36
3.6 Leistungsmessung.....	38

3.7	Statistische Analyse.....	38
4	Ergebnisse.....	40
4.1	Studienpopulation	40
4.2	Eingangs- und Ausgangstest.....	45
4.2.1	„Grasping“	45
4.2.2	„Fine Dissection“	51
4.2.3	„Clip Applying“	57
4.3	Lernkurven der Interventionsgruppen.....	63
4.3.1	Virtual Reality - Simulator.....	63
4.3.2	Boxtrainer.....	66
4.3.3	Serious Game	68
4.4	Evaluation	69
5	Diskussion	72
5.1	Trainingseffekte und Skill Transfer	74
5.1.1	Trainingseffekte der Trainingsmodalitäten.....	74
5.1.2	Denkstil	78
5.2	Limitierungen	83
5.3	Zukunft der laparoskopischen Simulation.....	84
6	Zusammenfassung	87
7	Literaturverzeichnis.....	89
	Anhang	IV
	Danksagung	XII
	Lebenslauf.....	XIII

Abkürzungsverzeichnis

MIC	Minimalinvasive Chirurgie
FLS	Fundamentals of laparoscopic Surgery
VR	Virtual Reality, VR-Simulator
TMS	Test für Medizinische Studiengänge
OSIVQ	Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire
SUS	System Usability Scale
BT	Boxtrainer
SG	Serious Game
KG	Kontrollgruppe
VISU	Visualisierende
SPAT	Spatialisierende
VERB	Verbalisierende
n	Anzahl
M, μ	Mittelwert
Md	Median
SD, σ	Standardabweichung
x	Rohwert
IQR	Interquartilsabstand
min	Minuten
s	Sekunden
m	Meter
mm	Millimeter
z.B.	zum Beispiel
u.a.	unter anderem
bzw.	beziehungsweise

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Studiendesign	27
Abbildung 2 VR-Simulator (LapSim) mit der Übung Fine Dissection	28
Abbildung 3 Lübecker Toolbox mit dem Modul „Koffer packen“	29
Abbildung 4 Serious Game (Wii U Underground) mit Laparoskopie Armatur	30
Abbildung 5 Aufgaben des Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstests	32
Abbildung 6 Übungen der Lübecker Toolbox	34
Abbildung 7 Serious Game „Underground“	35
Abbildung 8 Titmus-Test und Schlauchfigurentest	37
Abbildung 9 Regelmäßiges Computer bzw. Spielekonsole spielen und/oder Musikinstrument spielen sowie Selbsteinschätzung zur Feinmotorik	42
Abbildung 10 Selbsteinschätzung zur Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit	43
Abbildung 11 Grasping Gesamt-Z-Score	47
Abbildung 12 Grasping Z-Score Economics	47
Abbildung 13 Grasping Z-Score Error	47
Abbildung 14 Grasping Gesamt-Z-Score Denkstile	48
Abbildung 15 Grasping Z-Score Economics Denkstile	48
Abbildung 16 Grasping Z-Score Error Denkstile	48
Abbildung 18 Grasping Z-Score Mediantest Eingangstest	49
Abbildung 17 Grasping Z-Score Mediantest Ausgangstest	49
Abbildung 19 Grasping Z-Score Economics Mediantest Eingangstest	49
Abbildung 20 Grasping Z-Score Economics Mediantest Ausgangstest	49
Abbildung 21 Grasping Z-Score Error Mediantest Eingangstest	49
Abbildung 22 Grasping Z-Score Error Mediantest Ausgangstest	49
Abbildung 23 Fine Dissection Gesamt-Z-Score	53
Abbildung 24 Fine Dissection Z-Score Economics	53
Abbildung 25 Fine Dissection Z-Score Error	53
Abbildung 26 Fine Dissection Gesamt-Z-Score Denkstile	54

Abbildung 27 Fine Dissection Z-Score Economics Denkstile	54
Abbildung 28 Fine Dissection Z-Score Error Denkstile	54
Abbildung 29 Fine Dissection Z-Score Mediantest Eingangstest	55
Abbildung 30 Fine Dissection Z-Score Mediantest Ausgangstest	55
Abbildung 31 Fine Dissection Z-Score Economics Mediantest Eingangstest.....	55
Abbildung 32 Fine Dissection Z-Score Economics Mediantest Ausgangstest.....	55
Abbildung 33 Fine Dissection Z-Score Error Mediantest Eingangstest	55
Abbildung 34 Fine Disscetion Z-Score Error Mediantest Ausgangstest	55
Abbildung 35 Clip Applying Gesamt-Z-Score.....	59
Abbildung 36 Clip Applying Z-Score Economics	59
Abbildung 37 Clip Applying Z-Score Error	59
Abbildung 38 Clip Applying Gesamt-Z-Score Denkstile	60
Abbildung 39 Clip Applying Z-Score Economics Denkstile	60
Abbildung 40 Clip Applying Z-Score Error Denkstile.....	60
Abbildung 41 Clip Applying Gesamt-Z-Score Mediantest Eingangstest	61
Abbildung 42 Clip Applying Gesamt-Z-Score Mediantest Ausgangstest	61
Abbildung 43 Clip Applying Z-Score Economics Mediantest Eingangstest	61
Abbildung 44 Clip Applying Z-Score Economics Mediantest Ausgangstest	61
Abbildung 45 Clip Applying Z-Score Error Mediantest Eingangstest	61
Abbildung 46 Clip Applying Z-Score Error Mediantest Ausgangstest.....	61
Abbildung 47 Lernkurve Peg Transfer	65
Abbildung 48 Lernkurve Lifting and Grasping	65
Abbildung 49 Lernkurve Pattern Cutting	65
Abbildung 50 Lernkurve Seal and Cut	65
Abbildung 51 Lernkurve Cutting.....	65
Abbildung 52 Lernkurve Koffer packen	67
Abbildung 53 Lernkurve Webrahmen.....	67
Abbildung 54 Lernkurve Gummitwist.....	67

Abbildung 55 Lernkurve Dreiecksschnitt..... 67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der Vorteile der Laparoskopie	6
Tabelle 2 Übersicht der Nachteile der Laparoskopie	6
Tabelle 3 Parameter Z-Score Economics und Z-Score Error.....	39
Tabelle 4 Auswertung des präinterventionellen Fragebogens und Auswertung der Tests zum räumlichen Denk- sowie Sehvermögens.....	41
Tabelle 5 Grasping Z-Scores	47
Tabelle 6 Grasping Z-Scores Denkstile.....	48
Tabelle 7 Grasping Z-Scores Subgruppen.....	50
Tabelle 8 Fine Dissection Z-Scores	53
Tabelle 9 Fine Dissection Z-Scores Denkstile.....	54
Tabelle 10 Mediantest Denkstile	55
Tabelle 11 Mediantest Denkstile	55
Tabelle 12 Mediantest Denkstile	55
Tabelle 13 Fine Dissection Z-Scores Subgruppen.....	56
Tabelle 14 Clip Applying Z-Scores	59
Tabelle 15 Clip Applying Z-Score Denkstile	60
Tabelle 16 Mediantest Denkstile	61
Tabelle 17 Mediantest Denkstile	61
Tabelle 18 Mediantest Denkstile	61
Tabelle 19 Clip Applying Z-Scores Subgruppen	62
Tabelle 20 Lernkurve Peg Transfer.....	65
Tabelle 21 Lernkurve Lifting and Grasping	65
Tabelle 22 Lernkurve Pattern Cutting	65
Tabelle 23 Lernkurve Seal and Cut.....	65
Tabelle 24 Lernkurve Cutting	65
Tabelle 25 Lernkurve Koffer packen	67
Tabelle 26 Lernkurve Webrahmen.....	67

Tabelle 27 Lernkurve Gummitwist.....	67
Tabelle 28 Lernkurve Dreiecksschnitt	67
Tabelle 29 Lernkurven Serious Game	68
Tabelle 30 Evaluation.....	70
Tabelle 31 Auswertung der Antworten auf der System Usability Scale (SUS)	71

1 Einleitung

Die erste Gallensteinentfernung im Jahre 1985 durch den Böblinger Chirurg Erich Mühle führte zu einer Revolution in der minimalinvasiven Chirurgie (MIC) (Litynski, 1996). Sie hat sich inzwischen aufgrund verschiedenster Vorteile wie geringerer Blutverlust und kürzere Erholungszeiten bei vielen chirurgischen Eingriffen sowie in verschiedensten Fachdisziplinen als Standardtechnik etabliert (Chau et al., 2002, Ahmed and Paraskeva, 2011, Esposito et al., 2016, Mathias et al., 2020). Dabei gelten minimalinvasive chirurgische Eingriffe als anspruchsvoll und stellen eine Herausforderung für die Operateure dar, welche bei unzureichendem Training die Sicherheit des Patienten durch eine erhöhte Komplikationsrate gefährden können (Vogel and Vogel, 2019). Das alleinige Training direkt am Patienten im Operationssaal erscheint hierunter nicht mehr zeitgemäß und wurde sogar als unethisch beschrieben (Votanopoulos et al., 2008, Nickel et al., 2015).

Es erscheint daher bei zunehmender Anzahl und auch Komplexität an minimalinvasiven chirurgischen Eingriffen sinnvoll, laparoskopische Fertigkeiten frühzeitig im Rahmen der Weiterbildung zu erwerben (Huber et al., 2016). Dabei kann eine strukturierte Weiterbildung, welche auch die laparoskopische Simulation einschließt, eine qualitativ gute chirurgische Ausbildung in einer sicheren und kontrollierten Umgebung abseits des Patienten, im Idealfall bereits vor dem ersten Einsatz im Operationssaal, ermöglichen (Johannink et al., 2016).

Dass ein Training sowohl an VR-Simulatoren als auch an Boxtrainern grundlegende laparoskopische Fertigkeiten verbessert, konnte unter anderem durch eine Studie von Vitish-Sharma et al. (Vitish-Sharma et al., 2011) nachgewiesen werden. Es verkürzt nachweislich die Lernkurve (Nagendran et al., 2014) und auch die Übertragbarkeit der Trainingseffekte auf den Operationssaal wurden gut belegt (Seymour et al., 2002, Ahlberg et al., 2007, Larsen et al., 2012, Nagendran et al., 2014). Somit hat sich das Simulationstraining als klinisch nützlich und als wirksames Instrument der chirurgischen Ausbildung erwiesen (Aggarwal et al., 2007, Sturm et al., 2008, Larsen et al., 2009).

Als weiteres Trainingstool stehen außerdem Serious Games, wie das Videospiel „Underground“, auf der Wii U-Konsole zur Verfügung, welches sich, wenn auch mit Einschränkungen, bereits in anderen Studien als sinnvolle und kostengünstige Ergänzung zusätzlich zu den etablierten Trainern erwiesen hat (Overtoom et al., 2017, Harrington et al., 2018).

Auch der Skill Transfer, also die Übertragbarkeit von Fähigkeiten, der drei genannten Trainingsmodalitäten untereinander sowie auf den Operationssaal wurde in wenigen Studien untersucht, welche jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen kamen (Jgosse et al., 2018, Sroka et al., 2010, Jalink et al., 2014a).

Um den Trainingseffekt der genannten Trainingsmodalitäten (VR-Simulator „LapSim“, Boxtrainer „Lübecker Toolbox“, Serious Game „Underground“) sowie den Skill Transfer eben dieser weiter zu untersuchen, führten wir im Zeitraum Oktober 2020 bis Juni 2021 in der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie der Universitätsmedizin Mainz eine prospektiv randomisierte Studie durch, worüber diese Arbeit handelt. Zusätzlich untersuchten wir die Akzeptanz- und Anwenderfreundlichkeit der jeweiligen Trainingsmodalität.

Weiterhin versuchten wir basierend auf früheren Studien (Luursema et al., 2012a, Lorenz et al., 2015) die Korrelation kognitiver Fähigkeiten mit der laparoskopischen Leistung an den genannten Trainingsmodalitäten weiter zu analysieren. So sollte neben möglichen Tendenzen, ob Chirurgeninnen und Chirurgen mit ihrem individuellen Denkstil von einer Trainingsmodalität mehr profitieren wie von einer anderen, auch untersucht werden, ob jeder Denkstil gleichermaßen in der Lage ist einen Skill Transfer zu leisten.

2 Literaturdiskussion

2.1 Die Entwicklung der Laparoskopie

Bereits in der römischen Antike kam das Interesse und der Wunsch von Ärztinnen und Ärzten auf, menschliche Körperhöhlen und -gänge zu inspizieren, um Krankheiten zu erkennen und diese, soweit es ihnen möglich war, auch zu behandeln (Alkatout et al., 2022).

Die Grundlage zur Erkundung geschlossener Bauchhöhlen entwickelte schließlich der Dresdner Chirurg Georg Kelling (*1866; †1945), indem er 1901 die erste diagnostische Bauchspiegelung mittels Luftinsufflation an einem Hund vornahm. Erst im Jahre 1910 wurde die erste Laparoskopie bei einem Menschen, ebenfalls eine diagnostische Bauchspiegelung, von einem schwedischen Arzt namens Hans Christian Jacobaeus (*1879; †1937) durchgeführt. Nachdem in den 1960er bis in die 1980er Jahre die Überleitung von der diagnostischen Laparoskopie in die therapeutische Laparoskopie erfolgte, führte Kurt Semm (*1927; †2003) 1980 die erste laparoskopische Appendektomie durch. Das Ersetzen der fest etablierten Operationsmethode, der Laparotomie, durch eine technisch schwierigere Methode, der Laparoskopie, sei bei den chirurgischen Kolleginnen und Kollegen seiner Zeit zunächst auf Widerstand gestoßen. Mit der ersten laparoskopisch durchgeführten Cholezystektomie im Jahre 1985 durch den deutschen Chirurg Erich Mühe (*1938; †2005) etablierte sich schließlich die Bauchspiegelung als sinnhafte Ergänzung zur Laparotomie (Semm, 1983, Mühe, 1986, Litynski, 1997, Litynski, 1998, Litynski, 1999, Kaiser and Corman, 2001, Mettler et al., 2013, Alkatout et al., 2022).

Sowohl die Weiterentwicklung der Medizintechnik hin zu immer leistungsfähigeren Geräten wie hochauflösende Kameras und feinere laparoskopische Instrumentarien als auch die zunehmende Erfahrung der Operateurinnen und Operateure ermöglichen immer komplexere Eingriffe mittels der sogenannten Schlüsselloch-Technik (Hatzinger et al., 2006).

2.2 Vorteile und Nachteile der Laparoskopie gegenüber der Laparotomie

Die Laparoskopie bietet im Vergleich zur Laparotomie bei verschiedenen Eingriffen viele Vorteile. So zählen nach den Vorgaben der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft für Minimalinvasive Chirurgie (CAMIC) und der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) die laparoskopische Appendektomie, Cholezystektomie sowie unterschiedlichste Explorationen zu den laparoskopischen Standardeingriffen. So werden laut dem Bundesqualitätsbericht von 2020 und 2021 (Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen, 2022) in Deutschland jährlich rund 175.000 Cholezystektomien durchgeführt, wovon 90% minimalinvasiv vorgenommen werden.

Heutzutage hat sich das Spektrum der minimalinvasiven Eingriffe deutlich erweitert. Neben Hernien und nicht onkologischen Darmoperationen werden auch zunehmend onkologische Dickdarm- und Rektumresektionen sowie auch Eingriffe an Leber und Pankreas minimalinvasiv durchgeführt (Hartel and Ekkernkamp, 2002, Hewett et al., 2008, Pascual et al., 2016, Siech et al., 2017, Heinrich et al., 2021).

Entscheidender Vorteil der laparoskopischen Chirurgie liegt im geringeren Trauma durch kleinere Zugänge zum Operationsgebiet (Roewer et al., 2010). So ermöglichen geringere postoperative Schmerzen eine frühzeitige Mobilisation, welche in der Folge auch allgemeine Komplikationen wie Thrombosen, Embolien und Pneumonien reduziert (Nelson et al., 2004, Sturm et al., 2008, Kirchhoff et al., 2010). Im Verhältnis zur Laparotomie verzeichnet die Laparoskopie unter anderem auch seltener peri- und postoperative Wundinfektionen (Hewett et al., 2008), sodass das minimalinvasive Operieren zu einer deutlich rascheren Regeneration und Genesung der Patientinnen und Patienten führt und damit nicht zuletzt auch ökonomische Vorteile hat, da sich die Krankenhausaufenthaltszeiten verkürzen und die Arbeitsfähigkeit früher wiedererlangt wird.

Auch in der onkologischen Chirurgie bewährt sich die laparoskopische Chirurgie durch eine Optimierung der onkologischen Behandlung. So zeigten u.a. Kawai et al. (Kawai et al., 2018) eine schnellere Rückkehr zur adjuvanten Chemotherapie nach laparoskopischer Leberresektion bei kolorektalen Lebermetastasen im Vergleich zur offenen Leberresektion.

Die Laparoskopie bringt neben vielen Vorteilen auch Nachteile mit sich, welche in der *Tabelle 1 und 2* exemplarisch aufgelistet sind. Als spezieller Nachteil der minimalinvasiven Chirurgie im Vergleich zur offenen Chirurgie, ist die geringere Übersicht in der Bauchhöhle zu erwähnen (Ahmad et al., 2012).

Für die Operateurin und den Operateur bringt die Laparoskopie gegenüber der offenen Chirurgie außerdem folgende Besonderheiten und Schwierigkeiten mit sich (Nisky et al., 2012, Nickel et al., 2015, Laubert et al., 2018b):

- Veränderte Haptik und vermindertes Feingefühl
- Veränderte Tiefenwahrnehmung mit zweidimensionaler Sicht auf den Operationsbereich und der notwendigen kognitiv anspruchsvollen Übertragung auf einen dreidimensionalen Operationssitus
- Unnatürliche Hand-Augen-Koordination
- Beeinflussung der Hand-Augen-Koordination durch den Fulcrum-Effekt (Invertierung der Instrumentenachse durch die Fixation in der Bauchdecke)
- Eingeschränkter Bewegungsfreiraum aufgrund der starren und langen Instrumente sowie des fixierten Zugangswegs

Da sich das Indikationsspektrum der minimalinvasiven Operationen zunehmend ausweitete, ist sie auch ein essenzieller Teil der viszeralchirurgischen Ausbildung geworden. Sie erfordert jedoch hinsichtlich der genannten Besonderheiten eine zusätzliche, sehr spezifische, Aus- und Weiterbildung, sodass es sinnvoll ist, die chirurgischen Assistenzärztinnen und Assistenzärzte so früh wie möglich im Rahmen ihrer Weiterbildung an diese spezielle Operationstechnik heranzuführen (Thompson et al., 2011).

Tabelle 1 Übersicht der Vorteile der Laparoskopie

<u>Vorteile Laparoskopie</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der postoperativen Schmerzen: <ul style="list-style-type: none"> - Frühere Mobilisierung (dadurch weniger Thrombosen, Embolien und Pneumonien) - Geringerer Analgetikaverbrauch - Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes - Geringerer Blutverlust - Verkürzung der postoperativen Darmatonie - Weniger Wundheilungsstörungen - Verbesserung der kosmetischen Ergebnisse durch kleinere Narben - Weniger Narbenhernien - Weniger Adhäsionsbildung - Optimierung der onkologischen Behandlungssequenz - Bessere Sicht durch Vergrößerungseffekt der Optik <p>Zusätzlicher Vorteil: Identische Sicht des Operationsteams auf den Situs</p>
<p>(Schippers, 1995, Nelson et al., 2004, Atabekoglu et al., 2004, Sturm et al., 2008, Hewett et al., 2008, Dian et al., 2008, Kirchhoff et al., 2010, van der Pas et al., 2013, Dietz et al., 2018, Kawai et al., 2018)</p>

Tabelle 2 Übersicht der Nachteile der Laparoskopie

<u>Nachteile Laparoskopie</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Erschwerte Beherrschung von Komplikationen wie Blutungen - Verringerung des Tastsinns - Geringere Übersicht in Bauch- und Brusthöhle - Zweidimensionale Sicht auf den Operationssitus (Ausnahme: 3D Optik) - Eingeschränkte Beweglichkeit der Instrumente - Längere Lernkurven - Höherer technischer Aufwand und damit verbunden höhere Kosten
<p>(Rogers et al., 2001, Ahmad et al., 2012, Nisky et al., 2012, Wülfing, 2012, Nickel et al., 2015, Laubert et al., 2018a)</p>

2.3 Entwicklung, Vorteile und Limitationen der laparoskopischen Simulation

Obwohl personelle und zeitliche Ressourcen aufgrund des zunehmenden wirtschaftlichen Drucks in den Krankenhäusern begrenzt sind, folgt die chirurgische Weiterbildung bis heute vor allem dem konventionellen und zeitaufwändigen Schüler-Lehrer-Prinzip (Berguer et al., 2001, Zendejas et al., 2013, Thomaschewski et al., 2020). Dabei hat man erkannt, dass die chirurgische Ausbildung als traditionelles „Lehrlings“-Modell, welches in der Vergangenheit Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zu kompetenten Fachleuten ausgebildet hat, inzwischen überholt ist (Fairhurst et al., 2011).

So führt die zunehmende Dokumentationstätigkeit, Regulierungen durch Arbeitsschutzgesetze, Personalmangel sowie die vermehrte Ambulantisierung chirurgischer Eingriffe zu einer Verkürzung der chirurgischen Weiterbildung im Operationssaal (Schrem, 2002, Healthcare Information and Management Systems Society, 2015, Haserück and Lau, 2023) und infolgedessen aufgrund der mangelnden Exposition zu einer Verlängerung der Lernkurve der chirurgischen Fertigkeiten (Huber et al., 2023). Auch der Erwerb technischer Fertigkeiten bei stetig steigenden Anforderungen an Zeit und Kosten, die mit der Ausbildung von Chirurgen und Chirurgen im Operationssaal verbunden sind, hat große Aufmerksamkeit erhalten (Fairhurst et al., 2011). Aus diesem Konflikt zwischen Dienstverpflichtung und Ausbildung ergibt sich laut Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011) die Forderung nach angemesseneren Ausbildungsmethoden.

Doch nicht nur die genannten sozioökonomischen Aspekte erfordern eine Neuerung der chirurgischen Ausbildungsmöglichkeiten insbesondere auch außerhalb des Operationssaals, sondern auch aus ethischer Sicht ist ein alleiniges Training am echten Patienten nicht mehr zeitgemäß und wird teilweise sogar als unethisch erklärt (Votanopoulos et al., 2008, Nickel et al., 2015).

Neben den genannten Schwierigkeiten, welche grundsätzlich die Weiterbildung von chirurgischen Assistenzärztinnen und Assistenzärzten herausfordern, kam es außerdem wie im vorigen Abschnitt beschrieben aufgrund technischer Weiterentwicklungen zu einem Wandel weg von der konventionellen offenen Chirurgie hin zur minimalinvasiven Chirurgie (MIC), welche sich im Laufe der Zeit für viele chirurgische Eingriffe als Standardeingriff etablierte (Mathias et al., 2020). Die Vorteile der laparoskopischen Chirurgie als eines der häufigsten minimalinvasiven Verfahren wurden genannt, erfordern jedoch zusätzliche hohe kognitive Anforderungen und psychomotorische Fähigkeiten, welche auch als minimalinvasiv-chirurgische Basisfähigkeiten bezeichnet werden (Berguer et al., 2001). Diese werden in der klassischen chirurgischen Ausbildung nicht abgebildet (Klempous et al., 2017) und sind auch

im Operationssaal nur schwer zu erlernen (Patkowski et al., 2007, Esposito et al., 2016). Daher verläuft die Lernkurve für minimalinvasive Chirurgie flacher als bei der offenen Chirurgie (Rogers et al., 2001), sodass der Lernprozess der grundlegenden minimalinvasiven chirurgischen Fähigkeiten viel Zeit und Übung erfordert (Berguer et al., 2001).

Unter anderem sahen daher Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011) in der simulierten chirurgischen Ausbildung das Potenzial, die vielen Probleme und Herausforderungen der konventionellen chirurgischen Ausbildung zu lösen. In der Literatur lassen sich sogar Hinweise finden, das bezogen auf bestimmte Aspekte das simulationsbasierte Training einem rein konventionellen Ausbildungskonzept überlegen sein könnte (Al-Kadi et al., 2012, Orzech et al., 2012). Dass das Training von Chirurginnen und Chirurgen jeder Weiterbildungsstufe außerhalb des Operationssaals die Lernkurve nachweislich verkürzt und die chirurgische Simulation somit grundsätzlich wirksam ist, zeigen Nagendran et al. (Nagendran et al., 2013, Nagendran et al., 2014) in systematischen Cochrane Reviews. Dabei gilt die Verkürzung der Lernkurve, laut Sroka et al. (Sroka et al., 2010), nicht nur für den jeweiligen Simulator, sondern trifft insbesondere bei regelmäßiger Durchführung auch auf die Leistung im Operationssaal zu. Die positiven Auswirkungen beziehen sich nicht nur auf die chirurgische Leistung der Assistenzärztinnen und Assistenzärzte im Operationssaal, sie erhöhen gleichzeitig auch die Patientensicherheit und optimieren OP-Ressourcen durch schnellere Operationszeiten (Ahlberg et al., 2007).

Die Hürden der Laparoskopie und das Potenzial der laparoskopischen Simulation wurden bereits in den 1990er Jahren durch Kurt Semm erkannt, worauf er den ersten Boxtrainer entwickelte und damit ein Training minimalinvasiver Fähigkeiten außerhalb des Operationssaals propagierte (Moll and Marx, 2005). Seitdem wurden die Möglichkeiten der laparoskopischen Simulation immer weiterentwickelt, sodass das Erlernen der Kameranavigation, laparoskopischer Basisfertigkeiten mit bimanuellem Handling der Instrumente sowie erste feinere Präparationen in einer sicheren und standardisierten Umgebung möglich ist (Ahlberg et al., 2007, Ritter and Scott, 2007, Nugent et al., 2013).

Während die Simulation insbesondere im Bereich der Notfallmedizin und Anästhesie fest etabliert ist, liegen auch die Vorteile der laparoskopischen Simulation auf der Hand. Dennoch werden diese nur unregelmäßig genutzt (Huber et al., 2023), obwohl eine stetige Zunahme an Simulatoren für die laparoskopische Chirurgie in Deutschland anhand von Umfragen (Bonrath et al., 2012, Lehmann et al., 2012, Huber et al., 2017a, von Bechtolsheim et al., 2022) aufgezeigt wurde. So waren 2021 laut von Bechtolsheim et al. bei einer deutschlandweiten Umfrage zur Verbreitung von Simulatoren für laparoskopische Chirurgie bei etwa 57% aller Umfrageteilnehmer Simulatoren vor Ort verfügbar, während noch 2008 laut Bonrath et al. nur bei 27% der Umfrageteilnehmer Simulatoren vor Ort verfügbar waren. Die Steigerung der

Simulationsmöglichkeiten könnte unter anderem mit den seit Oktober 2013 bestehenden Zertifizierungsvorgaben zum Zentrum für minimalinvasive Chirurgie der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) zusammenhängen, welche einen Raum mit mindestens einem Boxtrainer und laparoskopischem Instrumentarium voraussetzen sowie monatliche nicht näher definierte Trainingseinheiten (Bittner et al., 2011).

Das Simulationsmöglichkeiten generell als sinnvoll erachtet werden und sowohl national als auch international in der Klinik erwünscht sind, konnten mehrere Umfragen aufzeigen (Schijven et al., 2004, Qureshi et al., 2011, Lehmann et al., 2012). Dennoch zeigten van Dongen et al. (van Dongen et al., 2008) nur eine geringe Nutzung von Trainingssimulatoren auf freiwilliger Basis. So ist es unter anderem schwierig, Weiterzubildende der Chirurgie zu motivieren, systematisch weiter zu trainieren, nachdem bereits Ausbildungsziele erreicht wurden (Verdaasdonk et al., 2007, Jalink et al., 2015b). Laut Jalink et al. (Jalink et al., 2015b) und Verdaasdonk et al. (Verdaasdonk et al., 2007) muss jedoch ein kontinuierliches Training stattfinden, um chirurgische Geschicklichkeiten zu verbessern oder diese gar auf dem gleichen Level zu halten. Auch laut Huber et al. (Huber et al., 2017a) steigere erst ein „verpflichtendes Training, ein festes Curriculum oder eine konditionale Verknüpfung von Training und OP-Einteilung die Nutzungsfrequenz der Simulatoren“. In Deutschland ist laut einer Umfrage aus 2021 allerdings bislang nur bei etwa 30% aller Umfrageteilnehmer mit verfügbaren Trainingsmöglichkeiten gleichzeitig ein vorhandenes Curriculum für laparoskopische Fähigkeiten verfügbar (von Bechtolsheim et al., 2022).

Obwohl die Sinnhaftigkeit der Implementierung eines laparoskopischen Curriculums in der Ausbildung von Assistenzärztinnen und Assistenzärzten evident und durch viele Studien belegt wurden (Seymour et al., 2002, Sroka et al., 2010, Buckley et al., 2014), ist in Deutschland ein laparoskopisches Simulationstraining weiterhin nicht standardisiert oder verpflichtend in der Facharztweiterbildung vorausgesetzt (Kneist et al., 2012, Bilgic et al., 2018). Dies steht im Gegensatz zur chirurgischen Ausbildung in den USA, wo das erfolgreiche Absolvieren des Programms „Fundamentals of laparoscopic Surgery (FLS)“ bereits seit 2008 eine Voraussetzung für die Anmeldung zur dortigen Facharztprüfung ist (Sroka et al., 2010). Das FLS ist als gemeinsames Projekt der Society of American Gastrointestinal und Endoscopic Surgeons (SAGES) und dem American College of Surgeons (ACS) entstanden und wurde als erster validierter und standardisierter Simulationskurs zur Vermittlung von Grundlagen der laparoskopischen Chirurgie etabliert.

In der Literatur werden noch weitere Gründe für eine unzureichende Nutzung der laparoskopischen Simulatoren genannt, welche im Folgenden aufgeführt werden. Unter anderem soll der Zeitmangel eine Ursache für eine unzureichende Nutzung sein (Chang et al., 2007), sodass es Assistenzärztinnen und Assistenzärzten schwer fällt sich im dynamischen

und unvorhersehbaren klinischen Alltag für ein strukturelles laparoskopisches Training einzusetzen (Stefanidis et al., 2008). Laut Huber et al. (Huber et al., 2023) könne jedoch auch weiterhin nicht abschließend geklärt werden inwieweit Simulation in den Arbeitsalltag integriert werden müsse. So sei „die medizinische Wissensakquise im Sinne eines Nachlesens in Büchern, Studien oder Leitlinien“ in „aller Regel im Selbststudium zu Hause“ zu erarbeiten. Dahingehend könnten auch laparoskopische „Take Home Simulatoren“ wie bei Arts et al. (Arts et al., 2019) ein weiteres mögliches zukunftsweisendes Konzept für die chirurgische Simulation und Weiterbildung sein.

Die mangelnde Verfügbarkeit an Simulatoren (Chang et al., 2007, Bonrath et al., 2012, Lehmann et al., 2012) und der häufig begrenzte Zugang zu diesen, aufgrund ihrer festen Standorte in den Instituten (Harrington et al., 2018), erschwert zusätzlich die laparoskopische Weiterbildung, wobei auch der Einwand der Finanzierung, insbesondere für die VR-Simulatoren laut Lehmann et al. (Lehmann et al., 2012) für deren Anschaffung angetragen wird.

Als weiterer Grund für eine ausbleibende Nutzung der verfügbaren Simulatoren wurde die Einfachheit der Simulation und „realitätsferne“ genannt (Bonrath et al., 2012, Lehmann et al., 2012, Huber et al., 2017a, von Bechtolsheim et al., 2022). Es wurde jedoch bereits nachgewiesen, dass auch abstrakt erscheinende Übungen auf die Realität im Operationssaal übertragbar sind (sog. „Skill transfer“) (Sturm et al., 2008, Spiliotis et al., 2020). Dennoch sehen auch Huber et al. (Huber et al., 2023) die „realitätsnahe Simulation im Sinne einer manipulierbaren Anatomie“ als „Zukunftsvision der Simulation in der Chirurgie“, die eine „prozeduren- und patientenspezifische Simulation mit angepassten Curricula“ in der Zukunft ermöglichen. Dabei spielt auch die Virtuelle Realität eine zunehmende Rolle (Seymour et al., 2002, Huettl and Huber, 2022).

Die thematisierten Herausforderungen und Hürden der Ausbildung chirurgischer Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zeigen die Wichtigkeit auf, die Weiterbildungszeit durch Simulation möglichst effektiv und effizient zu gestalten.

2.4 Laparoskopische Simulatoren

Nachdem Kurt Semm in den 1990er Jahren den ersten Boxtrainer, den sog. Pelvi-Trainer, entwickelte und damit den Grundstein für die laparoskopische Simulation legte (Moll and Marx, 2005), sind die laparoskopischen Trainingssimulatoren heute sehr vielfältig und umfassen ein breites Spektrum an Anwendung, Aufwand und Kosten. Man unterscheidet zwischen computerbasierten Laparoskopiesimulatoren - gegebenenfalls zusätzlich im Virtual-Reality Format -, Boxtrainern und auch Serious Games. Grundsätzliche und relevante Unterschiede zwischen den Simulatoren liegen beispielsweise in der Möglichkeit der Auswertung und Bewertung der laparoskopisch-simulierten Fertigkeiten sowie im Vorhandensein des haptischen Feedbacks.

2.4.1 Virtual Reality - Simulatoren

Computerbasierte Virtual-Reality-Laparoskopie-Simulatoren (VR-Simulatoren) der ersten Generation wurden bereits 1993 von Satava (Satava, 1993) beschrieben. Die grafische Darstellung und das Gewebeverhalten haben sich seit der Entwicklung der Simulatoren deutlich verbessert, sodass VR-Simulatoren heute neben dem Trainieren praktischer Basisfertigkeiten und der Kameranavigation auch die Simulation laparoskopischer Operationen wie der Cholezystektomie (Ikonen et al., 2012), der minimalinvasiven Leistenhernienoperation (TAPP) oder der Appendektomie ermöglichen. Die verfügbaren Abläufe und Operationen werden dabei zunehmend komplexer, sodass unter anderem auch distale Magenresektionen oder kolorektale Eingriffe trainiert werden können. Einige der Systeme bieten dabei neben den bereits integrierten Curricula der VR-Simulatoren die Möglichkeit eigene Curricula mit individuellen Anforderungen zusammenzustellen. Zudem besteht die Möglichkeit einen virtuellen Operationssaal oder eine 360° Umgebung mit dem VR-Simulator zu kombinieren, um so durch den Einsatz von Virtual-Reality-Headsets die Immersion und das Realitätsgefühl zu erhöhen. (Huber et al., 2018).

Multiple Studien konnten die Wirksamkeit des Laparoskopietrainings durch VR-Simulationstrainer sowie auch eine Verkürzung der Lernkurven für den Erwerb laparoskopischer Fähigkeiten nachweisen (Grantcharov et al., 2003, Gurusamy et al., 2009, Larsen et al., 2009, Nagendran et al., 2013, Alaker et al., 2016). Viele der Studien beziehen sich dabei auf den in unserer Studie verwendeten VR-Simulator LapSim (Surgical Science Sweden AB; Göteborg, Schweden).

Dabei deuteten mehrere Studien darauf hin, dass absolute Neulinge mehr von einem Training am VR-Simulator profitieren als fortgeschrittene Chirurgeninnen und Chirurgen (Hassan et al., 2006, Ro et al., 2005), sodass mehrere Arbeiten den Wert des auf VR-basierten Trainings

insbesondere in den frühen Stadien der laparoskopischen Ausbildung bestätigen (Grantcharov et al., 2004, Nasr et al., 2013, Jimbo et al., 2015)

In weiteren Studien wurde die Übertragbarkeit der am VR-Simulator erlernten Fähigkeiten auf die Leistung im realen Leben untersucht: Dabei konnten deutlich bessere intraoperative Leistungen der trainierenden Probandinnen und Probanden bestätigt werden (Duffy et al., 2005, Eriksen and Grantcharov, 2005, Langelotz et al., 2005, Sherman et al., 2005, Aggarwal et al., 2006, Larsen et al., 2006, van Dongen et al., 2007, Kundhal and Grantcharov, 2009), sodass eine gleichzeitige und prädiktive Validität bestätigt werden konnte. Während viele der genannten Studien eine Konstruktvalidität hinsichtlich der Zeit belegen konnten, wurden jedoch seitens der Effizienz (oder auch Bewegungsökonomie wie Pfadlänge, Weglänge, Winkelweg) und Präzision (oder auch Fehlerwerte wie Gewebeschäden, Dehnungsschäden, schlecht platzierte Clips, Blutverlust) Inkonsistenzen aufgewiesen. Auch gab es Schwierigkeiten, die Konstruktvalidität für alle Aufgaben durchgängig nachzuweisen (van Dongen et al., 2007), was laut Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011) daran liege, dass nicht alle der zahlreich gemessenen Parameter eine Eignung korrekt bewerteten und erst noch definiert werden müsse, welche Leistungsparameter das Fähigkeitsniveau genau bestimmen. So sei laut Gallagher (Gallagher and O'Sullivan, 2012) die Dauer eine indirekte Leistungsvariable, welche jedoch von aussagekräftigeren Variablen wie der Effizienz der Bewegungen, Fehler und Komplikationen abhängt. Ohne diese direkten Variablen könne die Aufgabendauer nicht vollständig interpretiert werden.

Im Folgenden sollen weitere Besonderheiten des VR-Simulator genannt werden:

Da Training ohne einen Supervisor im Allgemeinen als unzureichend gilt (Halvorsen et al., 2011), die Ressource des Feedbacks durch eine Ausbilderin oder einen Ausbilder im klinischen Alltag jedoch begrenzt sind (Palter, 2011, Bonrath et al., 2013), bietet die automatische Auswertung und Bewertung der laparoskopischen Übungen des VR-Simulators große Vorteile. So werden nach jeder Übung den Trainierenden Scores zu Zeit, Bewegungsökonomie und Fehlern mitgeteilt, sodass eine direkte Auswertung der Leistung geboten und eine individuelle Lernkurvenanalyse ermöglicht wird ohne dass ein zusätzliches Feedback durch einen realen Tutor notwendig ist.

Kontrovers diskutiert wird das Fehlen des haptischen Feedbacks bei vielen der auf dem Markt erhältlichen VR-Simulatoren. Jedoch konnten Overtoom et al. (Overtoom et al., 2019) zeigen, dass das haptische Feedback insbesondere für komplexere Aufgaben Vorteile zu haben scheint, für Basisübungen jedoch weniger ausgeprägt sei.

Die Anschaffungskosten des VR-Simulators sind neben den anderen genannten Trainern deutlich höher, etwa um den Faktor 15-20. jedoch ist im Verlauf kein Verbrauchsmaterial notwendig und es müssen keine biologischen Materialien wie Organkadaver zum Einsatz

kommen, sodass Übungen beliebig oft ohne zusätzliche Kosten wiederholt werden können. Aufgrund der besseren Möglichkeiten für wissenschaftliche Analysen sowie der höheren Anschaffungskosten werden die VR-Simulatoren Umfragen zufolge eher an Universitätskliniken eingesetzt (Huber et al., 2017a).

2.4.2 Boxtrainer

Die einfachsten Boxtrainer stellen selbstgebaute und mit ausgemusterten Laparoskopie-Optiken und -Instrumenten bestückte Schuhkartons dar. Selbst diese sogenannten „low-fidelity Simulatoren“ – teilweise nur mit einer Smartphonekamera ausgestattet – sollen bereits positive Effekte auf die Lernkurve erreichen (Lee et al., 2015, Perez Escamirosa et al., 2015, Nickel et al., 2016).

Kommerzielle Boxtrainer bedienen sich Laparoskopie-Optiken und echter Instrumente, welche in unterschiedliche Boxen verarbeitet wurden. Die Einsätze reichen je nach System von abstrakten Übungen, wie dem Aufnehmen und Ablegen von Gummiringen, bis hin zu spezifischem Training, wie dem Durchführen einer minimalinvasiven Leistenhernienoperation (TAPP). Je nach System können Originalinstrumente im OP genutzt werden oder es müssen zusätzlich Instrumente wie ein Laparoskopieturm mit Kameraprozessor, Kamera und Optik für Trainingszwecke erworben werden. Teilweise erweisen sich auch Organkadaver zum Erlernen von laparoskopischen Operationstechniken als sinnvoll.

Die derzeit kommerziell verfügbaren Boxtrainer sind meist mit einem entsprechenden Curriculum abstrahierter Übungen erhältlich. Allerdings stehen für diese Curricula häufig weder standardisierte Übungsinhalte noch validierte Zielvorgaben zur Verfügung, sodass dies häufig zu Frustration bei den Übenden führe und in der Konsequenz kein regelmäßiges Training erfolge (van Dongen et al., 2008, Nepomnayshy et al., 2016).

Hingegen soll der in unserer Studie verwendete Boxtrainer mit dem konzipierten „Lübecker Toolbox-Curriculum“ dem Anwender ein „strukturiertes, definiertes und an einem Experten-Level orientiertes Training zum Erlernen laparoskopischer Fähigkeiten“ bieten (Laubert et al., 2018a). Der Toolbox fehlt zwar wie auch den anderen Boxtrainern und im Gegensatz zum VR-Simulator die Möglichkeit der unmittelbaren Rückmeldung hinsichtlich Fehlern bzw. möglicher Verbesserungen, jedoch ermöglicht sie dem Probanden durch repetitives Anschauen von Videos auf eigene Fehler und eventuelle Verbesserungen von kritischen Teilen einer Trainingsaufgabe aufmerksam zu werden (Laubert et al., 2018b). Dabei hat sich die Vermittlung chirurgischer Techniken durch Verwendung von Videomaterial als Alternative zu einem realen Tutor bereits im Erlernen anderer chirurgischer Skills etabliert (Nousiainen et al., 2008).

Zusätzlich gibt das Curriculum der Lübecker Toolbox für jede Aufgabe Zielvorgaben vor, welche auf Grundlage einer multizentrischen Benchmark-Studie mit Laparoskopie-Experten und anschließender prospektiver Validierungsstudie mit Laparoskopie-Anfängerinnen und -Anfängern festgelegt wurden (Laubert et al., 2018a, Laubert et al., 2018b). Die Dokumentation der eigenen Leistungen ermöglicht den Trainierenden damit ein Feedback.

Mehrere Studien konnten sowohl die Übertragbarkeit der Boxtrainer-Fähigkeiten außerhalb - hier insbesondere anhand von organischen Modellen - als auch innerhalb des Operationssaals nachweisen (Nagendran et al., 2014, Malik et al., 2015, Laubert et al., 2018a). Laut Nagendran et al. (Nagendran et al., 2014) verkürze der Boxtrainer sowie auch der VR-Simulator (wie im vorigen Abschnitt erwähnt) nachweislich die Lernkurve und habe einen Nutzen in der laparoskopischen Simulation.

Nicht für alle verfügbaren Boxtrainer konnte eine Konstruktvalidität nachgewiesen werden (Huber et al., 2023). Eine systematisches Review zum Boxtraining von 2013 zeigte jedoch eine Überlegenheit zur Kontrollgruppe (kein Training) (Nagendran et al., 2014). Laut Huber et al. (Huber et al., 2023) könne daher davon ausgegangen werden, dass Boxtrainer grundsätzlich die Lernkurve positiv beeinflussen und insbesondere in der frühen Phase der Weiterbildung in der Laparoskopie angewendet werden sollten.

Bezüglich der Toolbox konnten die Entwickler des Lübecker Toolbox Curriculums mit Einschränkungen eine positive Gesichts-, Inhalts- und Konstruktvalidität für Ihren Boxtrainer nachweisen sowie auch eine positive prädiktive Validität (Laubert et al., 2013, Laubert et al., 2018b, Laubert et al., 2018a, Thomaschewski et al., 2020).

Die Kosten für Anschaffung und Verbrauchsmaterialien richten sich damit je nach geplanter Nutzung, sind jedoch im Verhältnis zum VR-Simulator erheblich kostengünstiger und stellen damit in Deutschland den größten Anteil der Simulationsmöglichkeiten dar (Huber et al., 2017a) dar.

2.4.3 Serious Games

„Serious Games“ bezieht sich auf die „Anwendung oder Anpassung von Computerspielen für nicht-freizeitliche Zwecke, wie Lernen, Training oder Therapie“ (Bergeron, 2006) und sollen damit dem Hauptzweck der Bildung und dem Training von spezifischen Fähigkeiten dienen (Graafland et al., 2015). Aufgrund der unzureichenden Nutzung der genannten Simulatoren, wurde Serious Gaming auch für das Training der minimalinvasiven Basisfertigkeiten entwickelt.

Obwohl die positiven Aspekte des Videospelens schon vor Jahrzehnten in die Ausbildung integriert wurden (Harrison, 1964), werden diese weiterhin häufig eher mit negativen

Eigenschaften wie unsozialem Verhalten oder schlechteren akademischen Leistungen assoziiert (Boxer et al., 2015). Dabei erfordern Videospiele im Allgemeinen, wie auch die anderen genannten laparoskopischen Trainer, Elemente der visuellen Aufmerksamkeit, Hand-Augen-Koordination und des räumlichen Bewusstseins, welche auch mit der Entwicklung laparoskopischer Fertigkeiten zusammenhängen können (Green and Bavelier, 2003, Granek et al., 2010). Die Anforderungen an die motorischen Fähigkeiten sowie die fesselnden, immersiven Eigenschaften der Videospiele seien ideale Voraussetzungen für die Integration in den Lehrplan wie die chirurgische Ausbildung (Harrington et al., 2018).

Außerdem sollen Videospiele ansprechender als herkömmliche digitale Lernumgebungen sein (Graafland and Schijven, 2013) und so die Motivation und das Engagement der Weiterbildungsassistentinnen und -assistenten durch „Verstärkungs- und Belohnungsmechanismen“, welches Videospiele mit sich bringen, fördern (Lorenz et al., 2015). Daher würden laut de Wit-Zuurendonk (de Wit-Zuurendonk and Oei, 2011) Videospiele – sofern sie Begeisterung auslösen und Unterhaltungswert haben – ein kontinuierliches Training besser fördern als andere Simulatoren. De Ribaupierre et al. (de Ribaupierre et al., 2014) gehen noch einen Schritt weiter und postulieren, dass Weiterbildungsassistentinnen und -assistenten Videospiele so sehr mögen, dass sie spontan anfangen zu trainieren, wenn Ihnen ein Serious Game angeboten wird, das ihre laparoskopischen Fertigkeiten verbessert und ihnen so zu relevanten klinischen Fähigkeiten ver helfe (Susi et al., 2007).

Im Rahmen mehrerer Studien konnten signifikante Verbesserungen der laparoskopischen Fähigkeiten beim Spielen allgemeiner Videospiele auf einer Nintendo Wii U nachgewiesen werden (Bokhari et al., 2010, Giannotti et al., 2013, Middleton et al., 2013). Dabei konnte Middleton et al. bereits Verbesserungen der laparoskopischen Fähigkeiten durch Videospiele binnen eines Zeitraums von zwei Wochen aufzeigen (Middleton et al., 2013).

Um explizit das Erlernen laparoskopischer Grundfertigkeiten zu unterstützen, entwickelte das University Medical Centre of Groningen in Zusammenarbeit mit Grendel Games (Leeuwarden, Niederlande) das Serious Game „Underground“ (UMCG GG Underground serious game, Erscheinungsdatum am 08.01.2015). „Underground“ ist ein kommerziell erhältliches Videospiele, das für die Nintendo Wii U entwickelt wurde und mittels maßgeschneiderter Controller die Funktionalität und Bewegung laparoskopischer Instrumente nachahmen.

Die Entwickler des Spiels führten selbst erste Studien durch und belegten eine Eignung des Spiels als Aufwärmgerät für die Laparoskopie sowie eine Gesichts-, Konstrukt- und Übereinstimmungs-Validität (Jalink et al., 2014a, Jalink et al., 2015a, Jalink et al., 2015b). Laut Jalink et al. bewerteten sowohl Anfänger als auch erfahrene laparoskopische Chirurgen das Videospiele auf einem akzeptablen Niveau.

Mehrere Studien stellten mäßige bis starke Korrelationen zwischen den beim Spielen sowie denen bei der Durchführung von Operationen benötigten Fähigkeiten fest (Rosenberg et al., 2005, Rosser et al., 2007, Kolga Schlickum et al., 2008). Laut Glassman et al. (Glassman et al., 2016) seien die Beweise für positive Auswirkungen früherer Spiele auf die Leistung bei chirurgischen Simulationen jedoch nur sehr begrenzt, sodass es auch keine Beweise für einen positiven Effekt des Spielens von Videospiele auf laparoskopische Fertigkeiten gebe. Auch in Arbeiten von Jalink et al. (Jalink et al., 2014b) und Wouters et al. (Wouters et al., 2009) werde eine Korrelation als nicht schlüssig angesehen.

Eine Studie von Harrington et al. (Harrington et al., 2018) zeigte hingegen signifikante Leistungsunterschiede zugunsten der Videospielegruppe „Underground“, worauf sie auf einen großen Nutzen des laparoskopischen Videospiele für den Erwerb laparoskopischer Fertigkeiten und eine Grundlage für neuartige Serious Games in der künftigen Entwicklung von Spielkonsolen in der häuslichen Umgebung schlossen. Die Autoren schlugen vor die Qualität des Spiels zu verbessern, den Soundtrack zu wechseln, die Benutzeroberfläche zu verbessern und technische Probleme zu beheben. Trotz der Verfügbarkeit in der häuslichen Umgebung war die freiwillige Nutzung der Ressource laut Harrington et al. aufgrund des fehlenden Vergnügens, der begrenzt verfügbaren Zeit und der Ablenkung eher begrenzt. Dies zeige, so Harrington et al., dass selbst ein potenzielles Trainingsmittel wie ein Serious Game nicht ausreichend genutzt werde, wenn es nicht über angemessene optimale Faktoren verfüge. Zusätzlich bestehe auch aufgrund der Fülle minimalinvasiver Instrumente noch ein großes Entwicklungspotenzial für maßgeschneiderte Videospiele-Controller in der Chirurgie. Dennoch sehen Harrington et al. und auch Gianotti et al. (Giannotti et al., 2013) Serious Games aufgrund der geringen Kosten und der Verfügbarkeit im häuslichen Umfeld als potentielle Plattform für chirurgische Simulationen in Ergänzung zur bestehenden Weiterbildung.

In einer Studie von Overtoom et al. (Overtoom et al., 2017) bewerteten teilnehmende Assistenzärztinnen und Assistenzärzte der Gynäkologie und Geburtshilfe die Nützlichkeit und Eignung des Serious Games „Underground“ als laparoskopisches Trainingsinstrument als akzeptabel bis hoch, sodass insbesondere Assistenzärztinnen und Assistenzärzte in frühen Phasen der Ausbildung von einem Training profitieren würden. Das Spiel konzentriere sich dabei ohne anatomische Ähnlichkeit insbesondere auf die Hand-Augen-Koordination, sodass diese sowie auch die Tiefenwahrnehmung im Vergleich zu anderen Fähigkeiten als am nützlichsten bewertet wurden. Das Fehlen des haptischen Feedbacks (wie auch bei den meisten VR-Simulatoren) wurde hingegen als störend empfunden. Zusätzlich wurden die Bewegung der Instrumente in der Spielwelt als nicht realistisch angesehen, wohingegen das Training der Instrumentennavigation, insbesondere auch der bimanuellen Navigation, als geeignet befunden wurden. Laut Overtoom et al. werde generell der Nutzen einer Modalität

höher bewertet als der Realismus. Insbesondere hinsichtlich eines Serious Games sei der Realismus nicht als wichtigster Aspekt anzusehen (Verdaasdonk et al., 2009, Graafland et al., 2015) und eine realistische Darstellung nicht immer erforderlich, um einen Skill Transfer zu induzieren. Abschließend schlagen Overtoom et al. vor, dass das Spiel in mehreren technischen Aspekten (u.a. Genauigkeit, Sensibilität, Zeitverzögerung) verbessert und durch ein gutes Punktesystem – eventuell mit einem standortübergreifenden Rankingsystem – ergänzt werden müsse, bevor es in Lernpläne für Assistenzärzte integriert werde. Dass das Ergänzen von Wettbewerbselementen das Engagement zur Ausbildung am Simulator erhöht, konnte in mehreren Studien aufgezeigt werden (Chang et al., 2007, Verdaasdonk et al., 2009, de Wit-Zuurendonk and Oei, 2011, Graafland et al., 2012). Overtoom et al. schlussfolgern, dass die Trainingseffektivität von Serious Games noch nicht das gleiche Niveau erreicht haben wie VR-Simulatoren oder Boxtrainer. Bei Verbesserung der genannten Punkte könnten die derzeitigen Ausbildungsmöglichkeiten für laparoskopische Basisfertigkeiten jedoch durch Serious Games erweitert werden und insbesondere eine Nutzung im häuslichen Umfeld ermöglichen.

Zusammenfassend konnte anhand der bereits bestehenden Literatur die Vielfältigkeit der laparoskopischen Simulatoren mit all ihren Facetten aufgezeigt werden. So wurden für die in unserer Studie verwendeten Trainingsmodalitäten (VR-Simulator, Boxtrainer und Serious Game) bereits unabhängig voneinander mehr oder weniger starke Verbesserungen der laparoskopischen Fähigkeiten nachgewiesen sowie auch die Übertragbarkeit der laparoskopischen Fähigkeiten vom VR-Simulator und Boxtrainer in den Operationssaal positiv bewertet wurden.

2.5 Skill Transfer

„Skill Transfer“ bezeichnet im Allgemeinen die Übertragbarkeit von Fähigkeiten. Hinsichtlich der laparoskopischen Simulation ist es interessant zu untersuchen, ob die am VR-Simulator, Boxtrainer oder im Serious Game erlernten Fähigkeiten auf die jeweilige andere Modalität und letztlich auch in den Operationssaal übertragen werden können. Die folglich verbesserte operative Performance bestätigt schließlich die Berechtigung und den Nutzen der laparoskopischen Simulation. In Studien gilt es die für den Skill Transfer geeigneten Simulatoren zu untersuchen und gegebenenfalls den Simulator mit den maximalen Trainingseffekten zu identifizieren.

Im Abschnitt 2.2 *Vorteile und Nachteile der Laparoskopie gegenüber der Laparotomie* wurden bereits die Besonderheiten und Schwierigkeiten der Laparoskopie genannt wie u.a. der Fulcrum-Effekt, veränderte Haptik, unnatürliche Hand-Augen-Koordination sowie die zweidimensionale Sicht mit notwendiger Übertragung auf einen dreidimensionalen Situs. Diese Aspekte sowie auch das Instrumentenhandling, bimanuelles und überkreuztes Arbeiten können an VR-Simulatoren, Boxtrainern oder auch im Serious Game mehr oder weniger effektiv trainiert und die erworbenen Skills schließlich übertragen werden.

Im folgenden Abschnitt sollen Studien betrachtet werden, die bereits ein Augenmerk auf den Vergleich und Skill Transfer zwischen den Trainingsmodalitäten Simulator, Boxtrainer und Serious Game gelegt haben.

Dafür stellte Jgosse et al. in seinem Paper „Saving robots improves laparoscopic performance: transfer of skills from a serious game to a virtual reality simulator“ (Jgosse et al., 2018) zunächst mögliche grundlegende Kriterien zusammen, welche für ein Serious Game gegeben sein sollten, damit ein Skill Transfer zwischen verschiedenen Modalitäten überhaupt stattfinden könne. Er korrelierte diese Kriterien zusätzlich mit seinen eigens in einer Studie untersuchten Effekten hinsichtlich des Skill Transfers von VR-Simulator, Boxtrainer, Serious Game und Operationssaal:

Generell müsse laut Baldwin und Ford (Baldwin and Ford, 1988), damit überhaupt ein Transfer von Fertigkeiten stattfinden könne, die „Settings“ zwischen denen ein Transfer stattfinden soll, gemeinsame Merkmale aufweisen. Jgosse et al. (Jgosse et al., 2018) benennt dabei folgende mögliche Merkmale, die für die verschiedenen Modalitäten des laparoskopischen Trainings und die Leistung im Operationssaal relevant sein könnten:

- Ähnlichkeit der Bewegung und Dimensionen
Spiele bei denen sich der Spieler mittels Bewegungssensor in drei Dimensionen bewegen müsse, seien nützlicher als Spiele mit Joystick oder Controller mit Tastendruck, so Badurdeen et al. (Badurdeen et al., 2010). Außerdem fördere die

Navigation in einer virtuellen 3D-Umgebung den Transfer auf die Laparoskopie besser im Vergleich zu 2D-Spielen (Harper et al., 2007, Schlickum et al., 2009). Laut Jgosse et al. weisen sowohl der VR-Simulator als auch der Boxtrainer und das Serious Game diese Eigenschaft auf. Dennoch konnten Jgosse et al. in ihrer Studie nur eine Übertragung zwischen dem Serious Game und dem VR-Simulator feststellen, eine Übertragung zwischen dem Boxtrainer und dem Serious Game blieb jedoch aus. Demnach reiche die Ähnlichkeit der Bewegungen und Dimensionen nicht aus, um einen Transfer zu erklären.

- Realismus

Laut Rosenberg et al. (Rosenberg et al., 2005) sei eine äußerst realistische Simulation der Laparoskopie die einzige Möglichkeit laparoskopische Fähigkeiten zu erwerben. Jgosse et al. unterstützen diesen Vorschlag jedoch nicht und raten sogar von den Begriffen wie Realismus, Ähnlichkeit oder physikalische Treue als theoretisches Instrument ab (Norman et al., 2012). So biete der von Hamstra et al. (Hamstra et al., 2014) vorgeschlagene Begriff der funktionalen Aufgabenanpassung einen sinnvolleren Rahmen. Dieser sehe eine Verlagerung der Betrachtung von Ähnlichkeiten hin zu einem eher analytischen Ansatz beim Simulationsdesign vor. Auch Spiliotis et al. (Spiliotis et al., 2020) und Sturm et al. (Sturm et al., 2008) konnten nachweisen, dass auch durch abstraktere Übungen verbesserte intraoperative laparoskopische Leistungen erbracht wurden.

- Digitale und physikalische Skill-Vermittlung

Während nach Jgosse et al. der Boxtrainer und der Operationsaal keine virtuelle Umgebung vermittele, präsentiere der VR-Simulator und das Serious Game jedoch eine virtuelle Umgebung. Dieser Ansatz zwischen virtueller und realer Physik sowie das Vorhandensein oder Fehlen von haptischem Feedback erkläre den in ihrer Studie vorhandenen Transfer zwischen Boxtrainer und Operationssaal sowie zwischen VR-Simulator und Serious Game.

- Didaktischer Aufbau

Während sich laut Jgosse et al. der Boxtrainer und der VR-Simulator in Bezug auf die Bereitstellung kleiner und konzeptionell einfacher, sich wiederholender Übungen mit dem Schwerpunkt auf quantitatives Leistungsfeedback ähnele, unterscheide sich der Boxtrainer und der VR-Simulator sowohl zum Serious Game als auch zum Operationssaal, welche einer linearen Abfolge mit wechselnden Aufgaben ohne einem detaillierten Leistungsfeedback folge. Dies erkläre den in ihrer Studie untersuchten Transfer zwischen dem Boxtrainer und dem VR-Simulator und würde auch einen positiven Transfer zwischen dem Serious Game und dem Operationssaal vorhersagen.

- Unvorhersehbarkeit

Sowohl die Aufgaben des Operationsaals als auch des VR-Simulators und des Serious Games beinhalte im Gegensatz zum Boxtrainer ein gewisses Maß an Unvorhersehbarkeit, sodass diese während der Durchführung Ad-hoc-Entscheidungen erfordere, so Jgosse et al. Dieses unterschiedliche Niveau des Situationsbewusstseins erkläre den fehlenden Transfer zwischen dem Boxtrainer und dem Serious Game.

Zusammenfassend zeigte die Studie von Jgosse et al. damit, dass zu dem bereits in früheren Studien bestätigten Skill Transfer zwischen VR-Simulator und Boxtrainer sowie der beiden Simulatoren in den Operationssaal (Sroka et al., 2010, Palter and Grantcharov, 2014), auch ein Transfer von Fertigkeiten vom Serious Game auf den VR-Simulator stattfindet, jedoch nicht vom Serious Game auf den Boxtrainer. Damit bleibe die Frage nach dem Transfer von Fertigkeiten des Serious Games in den Operationssaal offen.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Jgosse et al. bewerteten Jalink et al. (Jalink et al., 2014a) in Ihrer Studie die Korrelation zwischen der Leistung des Serious Games sowie der Leistung bei der FLS-Boxtrainer-Aufgabe „Peg transfer“ als positiv und sehen dies als ein Beleg für den Transfer der beim Spiel erworbenen Fähigkeiten auf den Boxtrainer. „Peg transfer“ gilt dabei als gut validierte Methode zum Training laparoskopischer Grundfertigkeiten (Fried et al., 2004, Peters et al., 2004, Ritter and Scott, 2007, Fried, 2008). Jgosse et al. (Jgosse et al., 2018) kritisieren jedoch das Ergebnis der Studie von Jalink et al., da nur die Leistungen bei „Peg Transfer“ und „Underground“ bewertet wurden, obwohl ein breites Spektrum weiterer validierter laparoskopischer Trainingsaufgaben zur Verfügung steht, um die Leistung des Spiels weiter zu analysieren.

Auch hinsichtlich der Übertragbarkeit sowie Überlegenheit des klassischen Boxtrainers und VR-Simulators führten Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen. Ein 2009 veröffentlichtes systematisches Cochrane-Interview (Gurusamy et al., 2009) kam zu dem Entschluss, dass VR-Simulatoren zwar mindestens genauso wirksam wie Boxtrainer seien, wenn es darum ginge, dass Standardtraining für laparoskopische Eingriffe zu ergänzen, ein tatsächlicher Vorteil des einen Systems gegenüber dem anderen sei jedoch weiterhin uneindeutig. Auch weitere systematische Übersichten (Carter et al., 2005, Sutherland et al., 2006, Fairhurst et al., 2011) sehen keine stichhaltigen Beweise für eine Überlegenheit des VR-Simulators. Den Grund dafür, dass jedoch eine Vielzahl von VR-Simulatoren erhältlich sei, liege an den offensichtlichen Vorteilen, die die hochentwickelte Software mit sich bringe, wie u.a. der automatischen Auswertung und Bewertung der laparoskopischen Leistungen. Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011) schlägt daher vor, das chirurgische Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zunächst grundlegende Fertigkeiten an einem Boxtrainer erlernen sollten, bevor eine Kombination aus traditionellem Training und Simulatortraining die

Fertigkeiten aufrechterhalten sollen und gegebenenfalls durch komplexere Verfahren an VR-Simulatoren ergänzt werden können.

Sowie auch Guedes et al. (Guedes et al., 2019) keinen signifikanten Lernunterschied zwischen VR-Simulator und Boxtrainer aufzeigen konnten, konnten auch Studien von Munz et al. und Newmark et al. (Munz et al., 2004, Newmark et al., 2007) keine Vorteile des einen Simulators gegenüber dem anderen Simulators nachweisen. Dementgegen stellte eine Studie von Youngblood et al. (Youngblood et al., 2005) gewisse Vorteile des VR-Simulators gegenüber dem einfacheren Boxtrainer fest, wiesen dabei jedoch nur eine begrenzte Übertragbarkeit beider Systeme nach. Keine Übertragbarkeit der Fähigkeiten zeigten Studien von Hogle et al. (Hogle et al., 2008, Hogle et al., 2009).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Untersuchungen hinsichtlich des Skill Transfers vom Serious Game zum VR-Simulator, Boxtrainer und auch Operationssaal unterschiedlich ausfielen und eine tatsächliche Überlegenheit einer Trainingsmodalität gegenüber einer anderen bislang nicht abschließend geklärt werden konnte.

2.6 Nichttechnische Aspekte der chirurgischen Leistung sowie Ausbildung

In den vorigen Abschnitten wurden die verschiedenen Trainingssimulatoren vorgestellt sowie die Literatur bezüglich des Skill Transfers unter den Simulatoren sowie auf den Operationssaal herausgearbeitet. Multiple Studien beschäftigten sich mit möglichen Einflussfaktoren auf die Leistungen in der laparoskopischen Simulation und damit auch auf die laparoskopischen Kompetenzen im Operationssaal.

Eine Studie aus 2004 stellte fest, dass für die Vorhersage der Fähigkeiten von Chirurginnen und Chirurgen der minimalinvasiven Chirurgie insbesondere das räumliche Bewusstsein ein wichtiger Faktor sei (Keehner et al., 2004). Diese Tatsache beruhe auf Forschungen der kognitiven Psychologie, dass Menschen unterschiedliche Denkstile in Bezug auf Lernen und Problemlösung besitzen: während einige eher sprachbasiert denken, nutzen andere visuelle und wieder andere räumliche Vorstellungen. Blazhenkova et al. (Blazhenkova and Kozhevnikov, 2009) unterscheiden Menschen mit drei verschiedenen kognitiven Stilen: Objektvisualisierende (oder auch „Visualisierende“), Raumvisualisierende (oder auch „Spatialisierende“) und Verbalisierende.

So konstruieren nach Mathias et al. (Mathias et al., 2020) Visualisierende zur Verarbeitung von kognitiven Aufgaben häufiger visuell-mentale Bilder in Form von lebendigen, detaillierten Vorstellungen vorhandener Objekte. Während Spatialisierende, welche gut in der räumlichen Orientierung seien, räumliche Beziehungen von Objekten und Regionen auf abstraktere Weise verarbeiten. Daraus ergebe sich für Visualisierende Stärken im Erkennen von Bildern und Objekten, während Spatialisierende gute Leistungen im räumlichen Denken und der Orientierung aufweisen. Sprachbasierte kognitive Strategien würden von Verbalisierenden verwendet werden.

Laut Mathias et al. (Mathias et al., 2020) sei das Ergebnis, das räumliche Denkstile die kognitive Leistung fördern und visuelle kognitive Stile die Leistung behindern aus der kognitiven Psychologie des Denkens und Lösens bekannt. So belasten visuelle Informationen das Arbeitsgedächtnis zusätzlich und es komme zu einer Beeinträchtigung der Effizienz des Lernen und Denkens (Knauff, 2013). Dies bezeichne man als Impedanzeffekt (Knauff and Johnson-Laird, 2002).

Um den jeweiligen Denkstil herauszufinden, entwickelten Blazhenkova und Kozhevnikov einen Fragebogen: „Object Spatial Imagery and Verbal Questionnaire“ (OSIVQ) (Blazhenkova and Kozhevnikov, 2009). Dabei misst der Fragenbogen, so Mathias et al. (Mathias et al., 2020), keine Unterschiede in den kognitiven Fähigkeiten, sondern teste nur welchen Denkstil

Menschen bevorzugen. So seien die kognitiven Stile mehr oder weniger effizient, um verschiedene Aufgaben und Probleme zu lösen.

Mathias et al. (Mathias et al., 2020) stellten in ihrer Studie fest, dass die verschiedenen kognitiven Stile zur Vorhersage der Leistungen am Boxtrainer herangezogen werden können, wobei der räumliche Denkstil wahrscheinlich am effizientesten sei. Die dazu bereits gut dokumentierten Korrelationen zwischen der Leistung auf dem Boxtrainer und der tatsächlichen chirurgischen Kompetenz im Operationssaal (Diesen et al., 2011, Laubert et al., 2018a) könne laut Mathias et al. (Mathias et al., 2020) dann dazu beitragen, diejenigen Personen auszuwählen und auszubilden, die am ehesten hohe Fähigkeiten in der minimalinvasiven Chirurgie entwickeln, was nicht zuletzt auch den vorrangigen chirurgischen Zielen der Patientensicherheit und Fehlerminimierung zugute komme. Auch Hassan et al. (Hassan et al., 2007) bestätigten, dass das angeborene visuell-räumliche Vorstellungsvermögen mit besseren Leistungen insbesondere von Anfängern korreliere, was darauf hindeute, dass diese Eigenschaft als Screening Instrument für Kandidatinnen und Kandidaten, die eine chirurgische Ausbildung beginnen, verwendet werden könne.

Weiterhin erfasste die Studie von Mathias et al. (Mathias et al., 2020) Korrelationen zwischen den Leistungen am Boxtrainer und Tests für kognitive Fähigkeiten (Mosaik-Test und Test für medizinische Studiengänge). Auch Blazhenkova et al. (Blazhenkova and Kozhevnikov, 2009) dokumentierten eine Korrelation der drei Denkstile mit weiteren bereits existierenden Tests zur visuellen und räumlichen Vorstellungskraft. Mathias et al. (Mathias et al., 2020) stellten daher die Überlegung an, ob eine Kombination aus kognitiven Stiltests und Tests für kognitive Fähigkeiten eine gute Möglichkeit sei, Chirurgen mit besonderen Fähigkeiten in der laparoskopischen Chirurgie auszuwählen. Er postulierte ebenso, dass diese Methode effizienter sein könnte, als der technisch anspruchsvolle und kostspielige Versuch, immersive und virtuelle Realität in der MIC einzusetzen (Huber et al., 2017b).

Während noch weitere Studien die Korrelationen zwischen visuospatialen Fähigkeiten mit den chirurgischen Leistungen (Hassan et al., 2007, Vajsbaher et al., 2018) bestätigten, stellte Risucci (Risucci, 2002) generell ein besseres Abschneiden von Chirurginnen und Chirurgen in den Tests für visuospatiale Fähigkeiten als vergleichbare Kontrollpersonen fest.

Luursema et al. (Luursema et al., 2012a) fassten das visuelle und räumliche Vorstellungsvermögen als visuospatiale Fähigkeiten zusammen und korrelierten diese Fähigkeiten sowohl im Simulatortraining als auch in realen Situationen positiv mit chirurgischen Leistungen. Diese Korrelation sei insbesondere bei Personen mit geringer Erfahrung (Keehner et al., 2004) sowie bei komplexeren Aufgaben stärker (Hedman et al., 2006).

Ergänzend zeigten Studien, dass sich die Rolle der kognitiven Faktoren mit der Erfahrung deutlich ändere, sodass das Erlernen von Fertigkeiten zunehmend automatisiert und kognitiv weniger anspruchsvoll werde (Shiffrin and Schneider, 1977, Ackerman, 1988). Die bisherigen Ergebnisse, ob die Unterschiede zwischen den verschiedenen kognitiven Lernstilen nach mehreren Phasen des Lernens verschwinden oder nicht, sind bislang nicht eindeutig (Gallagher et al., 2003, Brunner et al., 2004).

Neben dem kognitiven Ansatz werden in der Literatur noch andere Merkmale genannt, welche Einfluss auf die laparoskopische Leistung und Lernkurve haben könnten und damit insbesondere bei der Entwicklung eines laparoskopischen Curriculums mitberücksichtigt werden sollten. Im Folgenden sollen diese exemplarisch erläutert werden.

Beispielsweise konnte nachgewiesen werden, dass verbales Feedback durch einen Ausbilder die Leistung von Frauen stärker beeinflusse als die von Männern (Strandbygaard et al., 2013). Daher bedürfe es laut Paschold et al. (Paschold et al., 2013) unter anderem an geschlechtsspezifischen Trainingskonzepten.

Weitere Studien von Paschold et al. (Paschold et al., 2011, Paschold et al., 2013) berichten außerdem von unterschiedlichen Leistungsniveaus bei Anfängern ohne Vorerfahrung in VR-Laparoskopie sowie auch Grantcharov und Funch-Jensen (Grantcharov and Funch-Jensen, 2009) vier verschiedene Typen von Anfängern, die laparoskopische Fertigkeiten erwerben, identifizieren konnten:

- Diejenigen, die von Anfang an gute Leistungen erbringen.
- Diejenigen, die das vorgegebene Leistungsniveau durch Training erreichen.
- Diejenigen, die einer langsameren Lernkurve folgen und das vorgegebene Leistungsniveau nach 10 Wiederholungen erreichen.
- Diejenigen, die ohne Verbesserung unterdurchschnittlich abschneiden.

Laut Paschold et al. (Paschold et al., 2014) sollten daher für eine effektive Vermittlung laparoskopischer Techniken die individuellen Leistungsunterschiede in der VR-Laparoskopie durch ein leistungsangepasstes, individuell zugeschnittenes Trainingskonzept auf ein gleiches Niveau gebracht werden (Paschold et al., 2013). So könne es unter anderem sein, dass Anfänger mehr als nur das Training oder ein visuelles Feedback sowie die Kenntnis der Ergebnisse, welche bei der Verwendung der VR-Simulator verfügbar seien, benötigen (Vapenstad and Buzink, 2013).

Eine umfangreiche Untersuchung zu Korrelationen, welche alle Trainingsmodalitäten (VR-Simulator, Boxtrainer, Serious Game) sowie die verschiedenen Denkstile einschließt, gibt es bislang nicht. Sowie auch der Skill Transfer in Bezug auf die Trainingsmodalitäten gruppiert nach Denkstil noch nicht herausgearbeitet wurde.

Die an der Stelle nur exemplarisch genannten Einflussfaktoren zeigen wie individuell angepasst Curricula an der jeweiligen Trainingsmodalität bzw. Trainierenden sein müssten, um eine möglichst effektive und effiziente Ausbildung zu realisieren.

3 Material und Methoden

3.1 Studienpopulation und Studiendesign

Achtzig Studierende der Humanmedizin des 1. bis einschließlich 8. Fachsemesters nahmen auf freiwilliger Basis an dieser Studie teil. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer hatten keinerlei Vorerfahrung in laparoskopischer Chirurgie oder laparoskopischer Simulation, sodass keine strukturellen Unterschiede zwischen den Kohorten der Studie in Bezug auf Wissen oder Fähigkeiten zu Beginn des Laparoskopie-Grundkurses zu erwarten waren. Nach Erhalt der Probandeninformation haben alle Teilnehmenden eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie und Speicherung ihrer pseudonymisierten Daten unterzeichnet.

Bei der Studie handelt es sich um eine prospektive, präklinische, kontrollierte Studie, welche im Zeitraum Oktober 2020 bis Juni 2021 in der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie an der Universitätsmedizin Mainz durchgeführt wurde.

Um den Trainingseffekt verschiedener Trainingsmodalität miteinander zu vergleichen, wurden 80 Studentinnen und Studenten in vier gleich große Gruppen (n = 20) mittels geschlossener Umschläge randomisiert: Interventionsgruppe VR-Simulator, Interventionsgruppe Boxtrainer, Interventionsgruppe Serious Game und Kontrollgruppe. Um die Leistung der Probandinnen und Probanden miteinander zu vergleichen, absolvierten alle Probandinnen und Probanden in einem zeitlichen Abstand von jeweils einer Woche einen aus drei Aufgaben bestehenden Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstest am VR-Simulator. Die Interventionsgruppen trainierten in einem viersitzigen Trainingskurs jeweils eine Stunde an ihrer jeweiligen Trainingsmodalität. Da es mehrere Nachweise gibt, dass ein verteilter Übungsplan mit regelmäßigen Pausen zwischen den Übungseinheiten das Lernen maximiert und sich motorische Fertigkeiten - insbesondere auch minimalinvasiv-chirurgische Fertigkeiten - effektiver und nachhaltiger erlernen lassen (Mackay et al., 2002, Moulton et al., 2006, Stefanidis et al., 2009, De Win et al., 2013), fanden in unserer Studie zwei Trainingseinheiten vor und zwei Trainingseinheiten nach dem Zwischentest statt.

Über den eigens auf der Lehr- und Lernplattform „Moodle“ erstellten Onlinekurs zur Studie hatten die Probandinnen und Probanden Zugriff auf schriftliche Anleitungen, Bilder und standardisierte Videos sowohl für ihre Tests als auch ihre jeweilige Trainingsmodalität, sodass die Kenntnis über die angeleiteten Fertigkeiten zum Eingangstest als vorausgesetzt galten.

Am Ende der Studie erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein Zertifikat über die Teilnahme an einem minimalinvasiv-chirurgischen Trainingskurs.

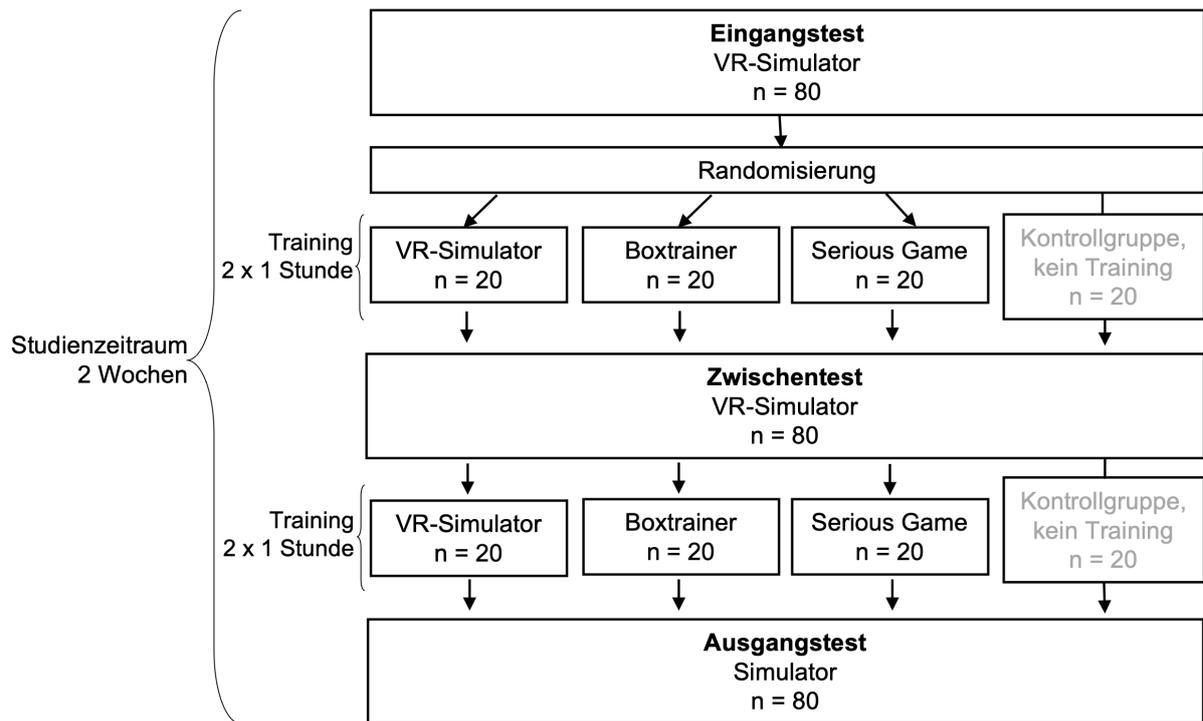


Abbildung 1 Studiendesign

3.2 Simulatoren

3.2.1 Virtual Reality - Simulator (LapSim)

Der in der Studie verwendete VR-Simulator war ein „LapSim“ (Surgical Science Sweden AB; Göteborg, Schweden) mit der Softwareversion 2015 und einem AOC 27 Zoll LED-Monitor (AOC International Euope B.V., Amsterdam, Niederlande). Zur spezifischen Hardware gehörten insgesamt drei Simballs 4D Joystick von G-coder Systems AB sowie ein Doppelfußschalter. Der VR-Simulator war höhenverstellbar und konnte der entsprechenden Arbeitshöhe angepasst werden.



Abbildung 2 VR-Simulator (LapSim) mit der Übung Fine Dissection

3.2.2 Boxtrainer (Lübecker Toolbox)

Der Boxtrainer der Studie war eine „Lübecker Toolbox“ (LTB Germany Ltd., Lübeck, Deutschland) bestehend aus der Toolbox mit integrierter Kamera und Lichtquelle, den zu trainierenden Modulen (Koffer packen, Webrahmen, Gummitwist, Dreiecksschnitt), zwei Trokaren (Kii Fios-Abdominal Access Systems, Applied Medical, Kalifornien), zwei Overholts (Epix Dissectors, Applied Medical, Kalifornien), einer Schere (Epix Scissors, Applied Medical, Kalifornien) sowie einem Telefonken 22 Zoll LED-TV (Vestel Germany GmbH, Garching b. München, Deutschland). Die Position der Kamera und damit das ausgerichtete Monitorbild sind standardisiert und damit für das gesamte Curriculum identisch. Die Übungsmodule sind ebenfalls in einer standardisierten Position magnetisch arretiert. Für die unterschiedlichen Körpergrößen wurde die Arbeitshöhe mittels Boxen und Platten unter dem Boxtrainer und dem Bildschirm angepasst.



Abbildung 3 Lübecker Toolbox mit dem Modul „Koffer packen“

3.2.3 Serious Game (Wii U – „Underground“)

Für die Serious Game-Gruppe wurde das Spiel „Underground“ ausgewählt. Neben dem Videospiel selbst wurden eine Nintendo Wii U Spielekonsole, jeweils zwei Standard Nintendo Wii Remote und Nunchuck Controller sowie ein herkömmlicher Telefunken 39 Zoll TV-Bildschirm (Vestel Germany GmbH, Garching b. München, Deutschland) benötigt. Die Wii-Controller werden in der speziell angefertigten Laparoskopie-Apparatur platziert, welche gemeinsam mit dem Spiel käuflich erworben wurde (Grendel Games, Erscheinungsdatum: 08.01.2015). Um die Position der Wii Controller zu verfolgen, wird die Infrarotkamera der Controller mit vier Infrarot-Leuchtdioden auf der Grundplatte des laparoskopischen Werkzeuggehäuses verbunden. Die Empfindlichkeit des Spiels wurde auf die niedrigste Stufe eingestellt, da es bei hoher Empfindlichkeit zu überschießenden Bewegungen kommt. Die Empfindlichkeit konnte in einem abgedunkelten Raum in Probetests auch subjektiv gesteigert werden. Für diese Studie wurde die erste offizielle Version des Spiels verwendet.

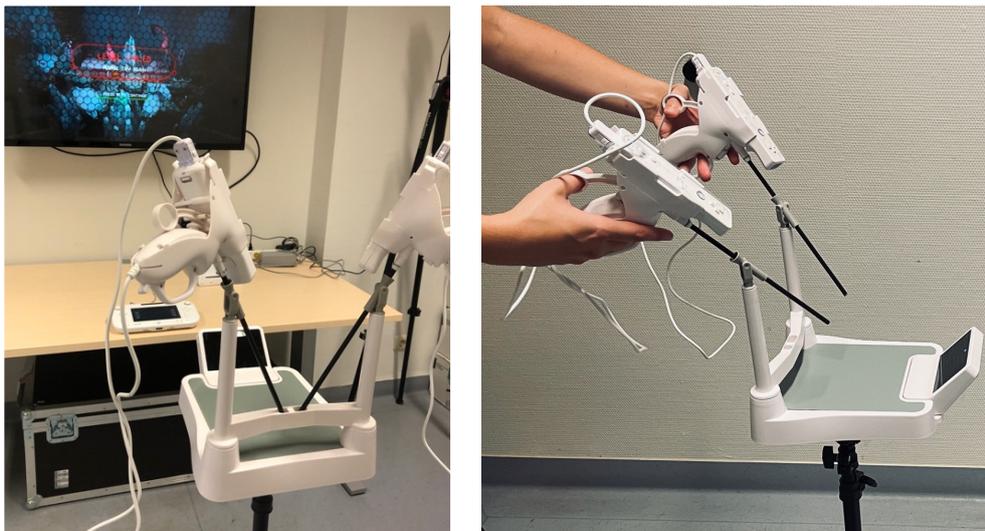


Abbildung 4 Serious Game (Wii U Underground) mit Laparoskopie Armatur

3.3 Eingangs- und Ausgangstest

Der in einem einwöchentlichen Abstand durchgeführte Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstest am VR-Simulator war für alle Teilnehmer standardisiert. Über die Lernplattform „Moodle“ wurde den in der Laparoskopie unerfahrenen Teilnehmerinnen und Teilnehmern vor dem Eingangstest in einem eigens gedrehten Lehrvideo die Handhabung der Instrumente, sowie der Fulcrum-Effekt demonstriert. Die Nutzung der Instrumente sollte im Training an der jeweiligen Trainingsmodalität auf die erklärte Weise durchgeführt werden. Zur Vorbereitung auf die Aufgaben der Tests waren auf der Lernplattform Lehrvideos von Surgical Science (Surgical Science Sweden AB; Göteborg, Schweden) hinterlegt. Es wurden die einzelnen Schritte der Aufgaben in ihrer Ausführung demonstriert, sowie mündlich und schriftlich erläutert.

Folgende drei Aufgaben wurden in genannter Reihenfolge in jeweils drei Durchgängen hintereinander absolviert, bei der zuletzt genannten Übung erfolgte nur einen Durchgang:

- *Aufgabe 1 „Grasping“*: Insgesamt zehn Objekte wurden abwechselnd mit dem linken und rechten Instrument gefasst, vom Untergrund gelöst und in einem Beutel platziert. Bewertet wurde die Zeit des Instruments (s), Instrumentenverfehlung (%), Weglänge des Instruments (m), Winkelweg des Instruments (Grad), Instrumente außerhalb des Sichtfeldes (n) und die Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s). Alle Messgrößen wurden sowohl für das linke auch für das rechte Instrument erhoben. Darüber hinaus erfolgte die Erfassung des Gewebeschadens (n) und der Tiefe des Gewebeschadens (mm).
- *Aufgabe 2 „Fine dissection“*: Die Aufgabe bestand darin ein Objekt mit anhängenden Blutgefäßen zu fassen und kleinere Gefäße mit einem Elektrokauter zu durchtrennen. Bewertet wurden die Gesamtzeit (s), gerissene oder verbrannte Gefäße (%), Energieschäden an Blutgefäßen (%), gerissene kleine Gefäße (%), verbrannte kleine Gefäße (%), verbrannte kleine Gefäße ohne Dehnung (%), Greiferweglänge (m), Greiferwinkelweg (Grad), Greifer außerhalb der Sichtfeldes (n) und die Dauer (s), Kauterisiererweglänge (m), Kauterisiererwinkelweg (Grad), Kauterisierer außerhalb des Sichtfeldes (n) und die Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s).
- *Aufgabe 3 „Clip Applying“*: Aufgabe war es ein Gefäß an zwei gekennzeichneten Stellen zu clippen und dieses dann an einer zusätzlich markierten Stelle zu durchtrennen. Bewertet wurde die Gesamtzeit (s), unvollständige und schlecht platzierte, sowie fallen gelassene Clips (jeweils in n), Blutverlust (ml) und der maximale Dehnungsschaden (mm). Außerdem wurden sowohl für das linke als auch rechte Instrument folgende Parameter festgehalten: Weglänge des Instruments (m), Winkelweg des Instruments (Grad), Instrumente außerhalb des Sichtfeldes (n) und die Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s).



Abbildung 5 Abbildung 5 Aufgaben des Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstests

Links: „Grasping“ – Das Instrument rechts löst das Objekt vom Untergrund ab, um es in dem weißen Beutel zu platzieren.

Mitte: „Fine Dissection“ – Das linke Instrument fasst das rundliche Objekt, worauf das rechte Instrument die dünnen Gefäße kauterisiert.

Rechts: „Clip Applying“ – Das rechte Instrument hält das Gefäß an dem bereits an farblich markierten Stellen zwei Clips angebracht wurden. Das linke Instrument schneidet das Gefäß daraufhin zwischen den Clips durch.

3.4 Interventionsgruppen

3.4.1 Interventionsgruppe Virtual Reality - Simulator (LapSim)

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer trainierten selbstständig am Simulator. Dabei unterschieden sich die Trainingsübungen von den Übungen der Assessments. Auch hier wurden die Lehrvideos von Surgicalscience den Studierenden zur Vorbereitung auf der Lernplattform „Moodle“ zur Verfügung gestellt. Folgende Übungen wurden im Training inkludiert: „Peg Transfer“, „Lifting and Grasping“, „Pattern Cutting“, „Cutting“ und „Seal and Cut“. Bei „Peg Transfer“ mussten sechs auf einem Schaftbrett abgelegte Ringe jeweils von der linken zur rechten Seite und wieder zurück transferiert werden. Bei „Lifting and Grasping“ sollten unter einem Objekt liegende chirurgische Nähnadeln gefasst und in einem Bergebeutel abgeworfen werden. Hierfür musste das Objekt mit dem anderen Instrument angehoben werden. „Pattern Cutting“ erforderte das Ausschneiden eines Kreises, wobei die erlaubte Schnittfläche durch zwei Kreise vorgegeben wurden. Bei „Cutting“ musste ein Objekt ähnlich dem eines Gefäßstumpfes mit dem einen Instrument gefasst und mit dem anderen Instrument nach dem Greifen kauterisiert werden. Bei „Seal and Cut“ sollte ein Objekt durch Kauterisieren oder Durchschneiden nach vorherigem Clipping mehrerer Gefäße vom Untergrund gelöst werden. Die jeweiligen Übungen wurden mittels der unter Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstests genannten Leistungsparameter (u.a. Zeit, Weglänge, Winkelweg) dokumentiert. Die Studierenden wurden dazu angehalten beim ersten Training jede Übung zweimal hintereinander zu wiederholen, durften danach jedoch in der Reihenfolge variieren. Es ging insbesondere um das Erreichen der Gesamttrainingszeit von vier Stunden, es gab keine Zielvorgabe bezüglich Anzahl der Übungsdurchgänge oder des Erreichens einer bestimmten Benchmark. Die Studierenden sollten darauf achten jede Übung am Ende des Trainings in etwa gleich häufig wiederholt zu haben.

3.4.2 Interventionsgruppe Boxtrainer (Lübecker Toolbox)

Die Probandinnen und Probanden trainierten jede einstündige Trainingseinheit ein neues Modul des Curriculums der Lübecker Toolbox: „Koffer packen“, „Webrahmen“, „Gummitwist“ und „Dreiecksschnitt“. Die Übungen „Hammerschnitt“ und „Naht“ aus dem Lübecker Toolbox-Curriculum wurden im Rahmen der Studie sowohl aus zeitlichen Gründen als auch aufgrund der Schwierigkeit der beiden Module ausgelassen. Ziel der Übung „Koffer packen“ war das farbliche Sortieren von blauen und weißen Hülsen in einer festgelegten Reihenfolge abwechselnd mit dem linken und rechten Overholt jeweils in das linke oder rechte Kästchen. Bei „Webrahmen“ wurde eine Kordel zwischen Gummibändern von der einen zur anderen Seite und wieder zurück gewebt. Bei dem Modul „Gummitwist“ mussten Hülsen, ähnlich wie

bei „Koffer packen“, mit dem einen Overholt auf der einen Seite ergriffen und auf die gegensätzliche Seite transferiert werden, wobei zusätzlich mit dem Overholt der anderen Hand ein gespanntes Gummiband gehalten werden musste, sodass die Hülsen nur außerhalb der Gummilitzen gegriffen und wieder abgelegt werden durften. Im letzten Training „Dreieckschnitt“ mussten die Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit einer laparoskopischen Schere die obere Lage einer Komresse in Form eines vorgezeichneten Dreiecks ausschneiden ohne die untere Schicht der Komresse zu beschädigen. Über die im Onlinekurs auf der Lernplattform Moodle verlinkte Homepage von LTB Germany Ltd. (<http://www.luebeck-toolbox.com/training.html>) konnten die Studierenden sowohl für Links- als auch Rechtshänder angepasste Lehr- und Instruktionsvideos („Einführung“ und „Tipps & Tricks“) der einzelnen Module abrufen und beim Training vor Ort getreu dem von LTB Germany Ltd. erstellten Trainingsprotokoll wiederholt anschauen. Dabei wurden die jeweiligen Zeiten des Studienteilnehmers vom Studienteam gestoppt und die Ergebnisse wie im Curriculum vorgesehen in den Protokollen dokumentiert. Fehler in der Ausführung wurden durch einen Fehlerscore definiert und mit einem Zeitaufschlag geahndet, der zu der benötigten Zeit addiert wurde (Laubert et al., 2018b). Bei „Koffer packen“ wurden pro gefallene Hülse, welche nicht wieder korrigiert wurde, 10 s berechnet. Für jeden Webefehler bei „Webrahmen“, welcher nicht berichtigt wurde, wurden zusätzlich 10 s berechnet. Für jede gefallene und nicht wieder korrigierte Hülse beim „Gummitwist“ wurden 25 s addiert. Beim „Dreieckschnitt“ wurde für jedes Überschneiden der Linie und Beschädigen der untersten Schicht 10 s berechnet. Es wurde im Rahmen der Studie kein Zeitlimit gesetzt.

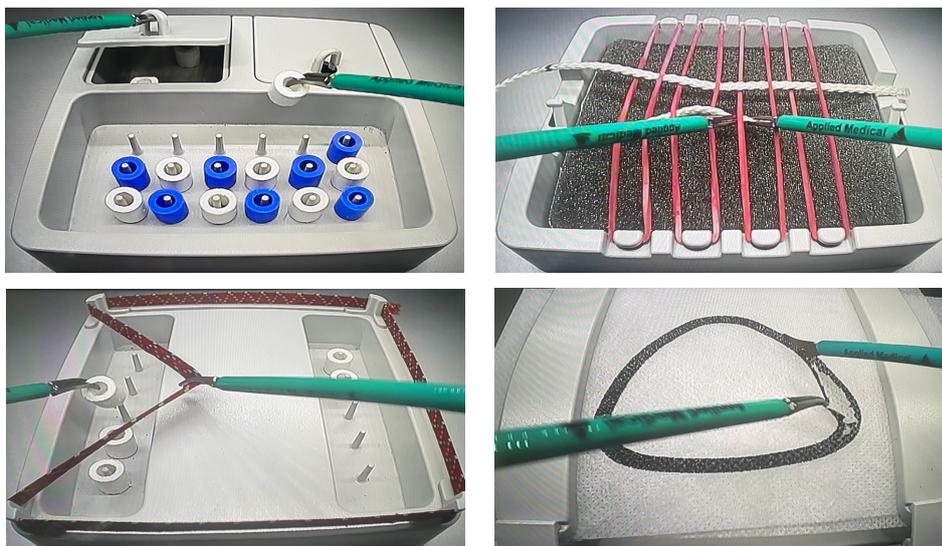


Abbildung 6 Übungen der Lübecker Toolbox

Links oben: Koffer packen

Rechts oben: Webrahmen

Links unten: Gummitwist

Rechts unten: Dreieckschnitt

3.4.3 Interventionsgruppe Serious Game (Wii U – „Underground“)

Das Serious Game „Underground“ wurde als sogenanntes „Jump and Run“-Spiel entwickelt bei dem die Studierenden kleine Roboter, die in komplexen Unterwelten feststeckten, mithilfe der laparoskopieähnlichen Controller befreien mussten. Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurde zur Vorbereitung über die Lernplattform Moodle der offizielle Trailer des Videospiele „Underground“ (<https://www.nintendo.de/Spiele/Wii-U-Download-Software/Underground-947613.html>) bereitgestellt. Die am unteren Bildrand eingeblendeten Erklärungen im Videospiel dienten dem Spielenden als Anleitung, sodass die Studierenden die Skills und das Handling im Spielverlauf selbstständig erlernten. Den Robotern sowie deren Begleitern wurden neue Wege gebaut und Hindernisse wurden durch Bohren, Heizen und kompliziertere Bewegungen mit zwei starren Roboterarmen überwunden. Das Videospiel ist eine Mischung aus Rätsel und Action, bei der die physischen Aktionen auf Bewegungen basieren, die dem Bewegen laparoskopischer Instrumente ähneln (Goris et al., 2014). Die Studierenden wurden durch das Studienteam zusätzlich durch das Videospiel Underground geleitet, um den maximalen Trainingseffekt zu erzielen. Trainiert wurde wie im Protokoll vorgesehen zu vier unterschiedlichen Zeiten jeweils eine Stunde. Am Ende einer jeden Trainingseinheit wurde das erreichte Level festgehalten, sodass bei der nächsten Trainingseinheit an der Stelle fortgesetzt werden konnte. Dokumentiert wurden die Spielzeiten von Level 2 bis 5 und das Boss-Level der ersten Themes („Ice Theme“), sowie die Spielzeiten von Level 2 bis 5 und Boss-Level des „Ice Themes“ nach dem vierstündigen Training sowie die Gesamtlevel, die erreicht wurden.



Abbildung 7 Serious Game „Underground“

Links: Vom linken und rechten unteren Bildrand gehen die beiden Roboterarme aus mit denen verschiedene Manöver ausgeführt werden, um u.a. die mittig und rechts im Bild stehenden Roboter durch die Unterwelt zu leiten.

Rechts: Zeigen beide Instrumentenspitzen auf einen Punkt wird an die besagte Stelle herangezoomt. Mittig im Bild befindet sich Sari, die wie auch die Roboter durch die Unterwelt geleitet wird.

3.5 Fragebögen

Vor dem Eingangstest wurde von allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern persönliche Merkmale wie Alter, Geschlecht, Händigkeit, Semester, regelmäßiges Spielen am Computer bzw. einer Spielekonsole oder regelmäßiges Musizieren und das Interesse an chirurgischen Fächern, sowie das Bestreben in einem chirurgischen Fach, insbesondere in der Allgemein- und Viszeralchirurgie zu arbeiten abgefragt. Dies erfolgte mit offenen sowie geschlossenen Fragen und Fragen auf einer 5-Punkte-Likert-Skala. Zusätzlich wurden die Häufigkeit einer laparoskopischen Assistenz und das Zutrauen der Kameraassistenz bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation (z.B. Kameranavigation) erfragt. Im Fragebogen erfolgte außerdem eine Selbsteinschätzung über Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Fähigkeiten der Feinmotorik.

Zur Beurteilung des räumlichen Denk- und Sehvermögens wurden noch vor dem Eingangstest folgende Tests eingesetzt: Die Probandinnen und Probanden erhielten sechs Bilder von Schlauchfiguren aus dem Test für Medizinische Studiengänge (TMS) und sollten binnen vier Minuten entscheiden aus welchem Blickwinkel ein zweites Bild derselben Schlauchfigur aufgenommen wurde (ITB Consulting GmbH, 2019). Zusätzlich wurde das stereoskopische Sehen durch den Titmus-Test mittels Polarisationsbrille und auf einer Sehtafel abgebildeten 4er Ringe geprüft (Stereo Optical Company, 2017). Gewertet wurde das zuletzt korrekt erkannte Kreissymbol. Dabei stehen bis zu 8 korrekt erkannte Kreissymbole für 50 Winkelsekunden und bis zu 9 richtig erkannte Kreissymbole für 40 Winkelsekunden. Ergänzend wurden durch die Studierenden zur Einstufung des kognitiven Denkstils 45 in die deutsche Sprache übersetzte Aussagen des „Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire“ (OSIVQ) auf einer 5-Punkte-Likert-Skala (stimme überhaupt nicht zu = 1, stimme vollkommen zu = 5) beurteilt, die die verschiedenen kognitiven Stile (Objektvisualisierende (oder auch „Visualisierende“), Raumvisualisierende (oder auch „Spatialisierende“) und Verbalisierende) repräsentieren (Blazhenkova and Kozhevnikov, 2009). Für den Titmus-Test und OSIVQ-Fragebogen gab es keine zeitliche Begrenzung.

Beispielfragen des OSIVQ-Fragebogens waren: „Ich kann mir problemlos dreidimensionale Objekte vorstellen und im Geiste rotieren.“, „Meine verbalen Fähigkeiten sind hervorragend.“, „Ich habe ein photographisches Gedächtnis“. Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang.

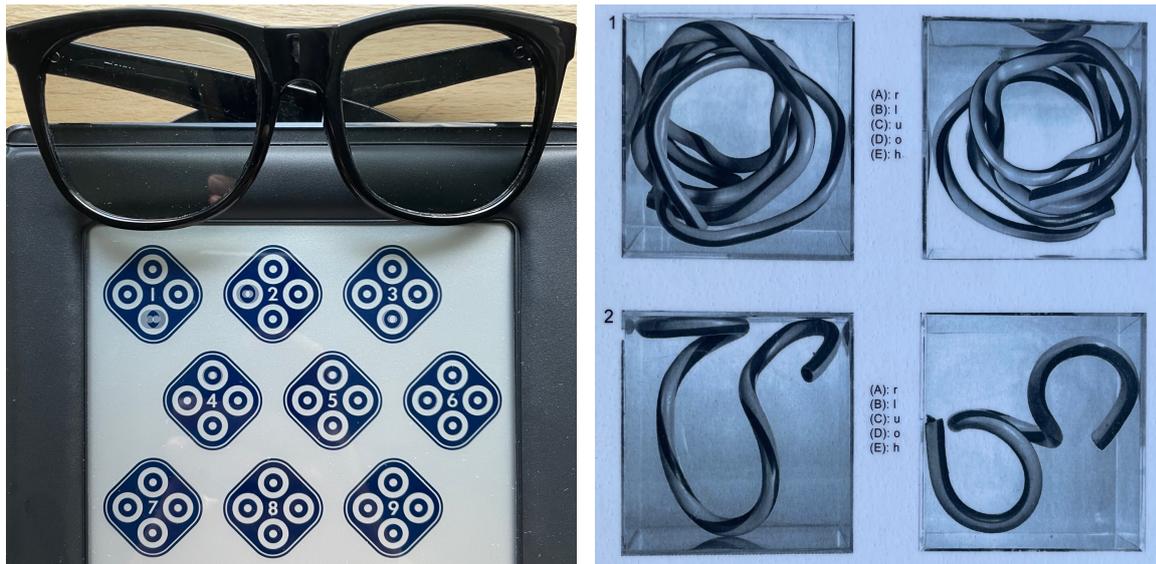


Abbildung 8 Titmus-Test und Schlauchfigurentest

Links: Titmus-Test - Sehtafel mit Polarisationsbrille

Rechts: Zwei der insgesamt sechs Schlauchfiguren aus dem Test für Medizinische Studiengänge

Nach dem Ausgangstest wurde über die System Usability Scale (SUS) (Brooke, 1996) die Anwenderfreundlichkeit der jeweiligen Trainingsmodalität anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala dokumentiert. Zudem wurde erneut das Interesse für chirurgische Fächer, sowie das Bestreben in einem chirurgischen Fach zu arbeiten, insbesondere in der Allgemein- und Viszeralchirurgie abgefragt. Am Ende der Evaluation wurden alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer um weitere Kommentare und Verbesserungsvorschläge (Freitext) gebeten.

3.6 Leistungsmessung

Die Leistungen des Eingangs- und Ausgangstest aller Studierenden wurden anhand der obengenannten Leistungsparameter sowie des bereits früher für Trainingsstudien in der Laparoskopie berechneten Z-Scores (z.B. von (Paschold et al., 2017)) bewertet, der als $z = \frac{x - \mu}{\sigma}$ definiert wurde, wobei x der Rohwert, μ der Mittelwert des Parameters und σ die Standardabweichung des Parameters ist. Der Gesamt-Z-Score berechnet sich aus der Addition aller Z-Scores der einzelnen Leistungsparameter. Ein Z-Score von 0 entspricht dem Leistungsniveau, der gleich dem Mittelwert der Gesamtpopulation ist. Demnach stehen positive Z-Scores für bessere Leistungsniveaus und negative Z-Scores für niedrigere Leistungsniveaus. Zusätzlich wurden Z-Scores ausgewählter Parameter zusammengefasst, um im speziellen ergonomischen Arbeiten („Economics“ u.a. Weglänge, Winkelweg) und Fehler („Error“ u.a. Gewebeschaden) zu erheben. Der Gesamt-Z-Score umfasst alle in *Kapitel 3.3* aufgelisteten Parameter. Die Parameter, welche den Z-Score Economics und Error für die jeweiligen Tests bilden, sind in der *Tabelle 3* aufgelistet. Der Z-Score ermöglicht einen Vergleich der Leistungen zwischen den untersuchten Gruppen der Studienpopulation und gibt somit keine primären Grenzwerte vor (Paschold et al., 2017).

Die Leistungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer während ihrer vierstündigen Trainingszeit wurden wie unter Methodik beschrieben dokumentiert.

3.7 Statistische Analyse

Die Daten wurden mit der statistischen Softwareplattform SPSS für Mac, Version 27 (IBM, Armonk, NY) analysiert.

Die Antworten der Fragebögen wurden mittels deskriptiver Statistik ausgewertet und sind als Mittelwert mit entsprechender Standardabweichung angegeben.

Die Leistungen der Eingangs- und Ausgangstests wurden mit dem nicht parametrischen Wilcoxon-Test und dem Mediantest analysiert. Die Daten sind als Median sowie als 25. und 75. Perzentile angegeben.

Um für multiples Testen zu korrigieren wurde die Benjamini-Hochberg-Methode verwendet. Aufgrund der Anzahl der getesteten Hypothesen wurde die Falscherkennungsrate auf 10% gesetzt. Nach der Benjamini-Hochberg Korrektur ergibt sich ein Alphaniveau $p \leq 0,046$ für signifikante Hypothesen.

Die Effektstärke (r) (*Tabelle 5 – 9, 13 – 15, 19*) bei einem statistisch signifikanten Ergebnis errechnete sich aus $r = z / \sqrt{N}$ (z = Teststatistik, N = Fallzahl), wobei ein $r < 0,3$ eine kleine

Effektstärke definiert, ein $r = 0,3-0,5$ eine mittlere Effektstärke und $r > 0,5$ eine starke Effektstärke.

Die Daten der Lernkurven wurden als Mittelwert mit Standardabweichung angegeben.

Tabelle 3 Parameter Z-Score Economics und Z-Score Error

Test	Score	Parameter
Grasping	Z-Score Economics	Weglänge der Instrumente (m), Winkelweg der Instrumente (Grad)
	Z-Score Error	Instrumente außerhalb des Sichtfeldes (n), Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s), Gewebeschaden (n), Tiefe des Gewebeschadens (mm)
Fine Dissection	Z-Score Economics	Greiferweglänge (m), Greiferwinkelweg (Grad), Kauterisiererweglänge (m), Kauterisiererwinkelweg (Grad)
	Z-Score Error	Energieschäden an Blutgefäßen (%), verbrannte kleine Gefäße ohne Dehnung (%), Greifer außerhalb der Sichtfeldes (n) und Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s), Kauterisierer außerhalb des Sichtfeldes (n), und Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s)
Clip Applying	Z-Score Economics	Weglänge der Instrumente (m), Winkelweg der Instrumente (Grad)
	Z-Score Error	Unvollständige und schlecht platzierte, sowie fallen gelassene Clips (jeweils in n), Blutverlust (ml), maximaler Dehnungsschaden (mm), Instrumente außerhalb des Sichtfeldes (n), und die Zeit außerhalb des Sichtfeldes (s)

4 Ergebnisse

4.1 Studienpopulation

Insgesamt wurden 80 Studierende der Humanmedizin in die Studie eingeschlossen. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer nahmen getreu dem Studienprotokoll an der Studie teil, niemand musste aufgrund eines Verstoßes ausgeschlossen werden. Das Durchschnittsalter der Probandinnen und Probanden betrug 25 Jahre (SD = $\pm 3,0$ Jahre). Das Geschlechterverhältnis war ausgewogen (weiblich/männlich = 44/36 = 55%/45%). Die Studentinnen und Studenten befanden sich durchschnittlich im 6. Semester (M = 6,3 Semester, SD = $\pm 1,8$ Semester). 71 der 80 (89%) Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben an Rechtshänder zu sein.

In der Studienpopulation gaben die Studentinnen und Studenten auf einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr hoch, 5 = sehr niedrig) ein Interesse an Chirurgie mit einem Mittelwert von 2,1 (SD = $\pm 1,1$) an. Insgesamt 32 der 80 (40%) Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben an Chirurgin oder Chirurg werden zu wollen, während weitere 32 (40%) Probandinnen und Probanden noch unentschlossen waren und 16 (20%) Studentinnen und Studenten dies ausschlossen. Die Mehrheit der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer (n = 50 (62,5%)) wussten zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch nicht, ob sie Viszeralchirurgin oder Viszeralchirurg werden möchten, 24 (30%) Teilnehmerinnen und Teilnehmer lehnten dies zu diesem Zeitpunkt ab. Immerhin 6 (7,5%) Studentinnen und Studenten der Studienpopulation gaben an Viszeralchirurgin oder Viszeralchirurg werden zu wollen.

Während 67 der 80 (84%) Teilnehmerinnen und Teilnehmern noch nie laparoskopisch assistiert hatten, traf dies auf 8 (10%) der Studentinnen und Studenten bereits 1–2-mal in der Vergangenheit zu und wiederum 5 (6%) der Studentinnen und Studenten hatten bereits 3–5-mal laparoskopisch assistiert.

Vor dem Simulationskurs der laparoskopischen Grundfertigkeiten trauten sich 58 der 80 (72,5%) Studierenden zu bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation zu assistieren, wohingegen sich die übrigen 22 (27,5%) Probandinnen und Probanden dies nicht zutrauten.

Tabelle 3 zeigt eine in etwa gleichmäßige Verteilung der abgefragten Merkmale in den randomisierten Interventionsgruppen sowie der KG.

Ergebnisse

Tabelle 4 Auswertung des präinterventionellen Fragebogens und Auswertung der Tests zum räumlichen Denk- sowie Sehvermögens

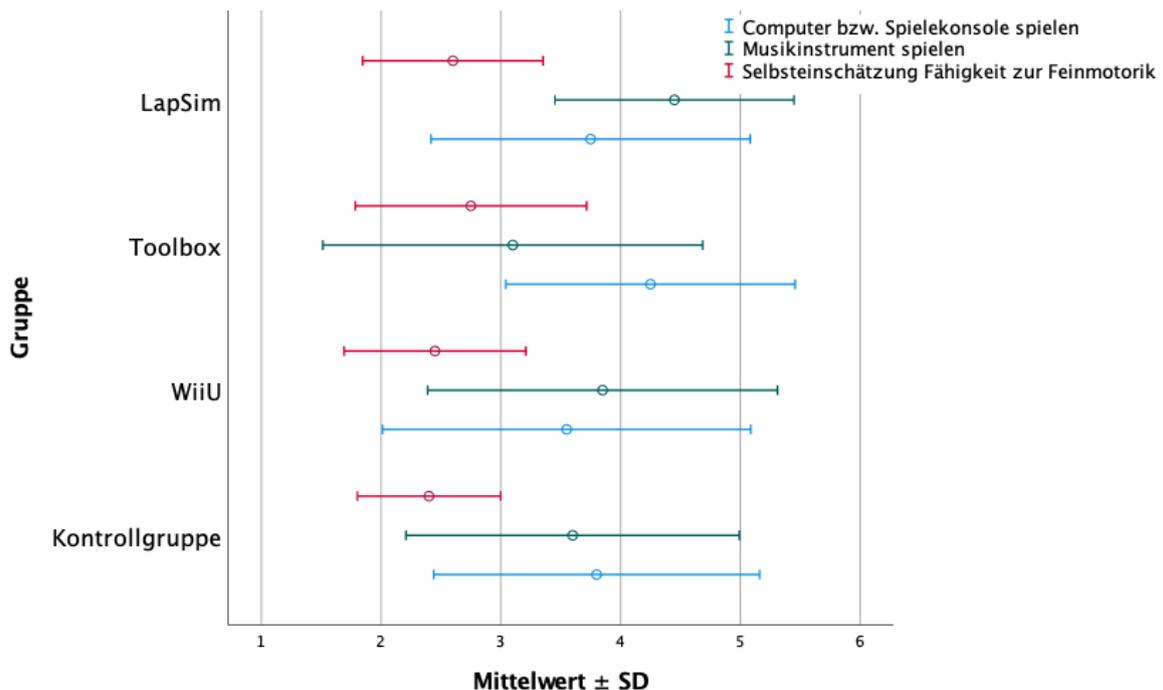
Merkmal	Gesamt	Interventions- gruppe VR	Interventions- gruppe BT	Interventions- gruppe SG	KG
n	80	20	20	20	20
Geschlecht					
• männlich n (%)	36 (45%)	9 (45%)	10 (50%)	9 (45%)	8 (40%)
• weiblich n (%)	44 (55%)	11 (55%)	10 (50%)	11 (55%)	12 (60%)
Alter M (SD)	25,0 (±3,0)	25,6 (±2,6)	24,8 (±3,4)	25,3 (±3,3)	24,6 (±3,0)
Händigkeit					
• rechts n (%)	71 (89%)	19 (95%)	16 (80%)	18 (90%)	18 (90%)
• links n (%)	9 (11%)	1 (5%)	4 (20%)	2 (10%)	2 (10%)
Semester M (SD)	6,3 (±1,8)	6,1 (±1,7)	6,9 (±1,6)	6,3 (±1,6)	6,1 (±2,3)
Computer bzw. Videospiele spielen (1=sehr häufig, 5= nie) M (SD)	3,8 (±1,4)	3,8 (±1,3)	4,3 (±1,2)	3,6 (±1,5)	3,8 (±1,4)
Musikinstrument spielen (1=sehr häufig, 5= nie) M (SD)	3,8 (±1,4)	4,5 (±1,0)	3,1 (±1,6)	3,9 (±1,5)	3,6 (±1,4)
Interesse Chirurgie (1=sehr hoch, 5= niedrig) M (SD)	2,1 (±1,1)	1,9 (±1,0)	2,5 (±1,4)	1,8 (±0,9)	2,2 (±1,1)
Möchte Chirurgin oder Chirurg werden					
• ja n (%)	32 (40%)	9 (45%)	6 (30%)	9 (45%)	8 (40%)
• nein n (%)	16 (20%)	5 (25%)	6 (30%)	2 (10%)	3 (15%)
• weiß nicht n (%)	32 (40%)	6 (30%)	8 (40%)	9 (45%)	9 (45%)
Möchte Viszeralchirurgin oder Viszeralchirurg werden					
• ja n (%)	6 (7,5%)	2 (10%)	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)
• nein n (%)	24 (30%)	6 (30%)	7 (35%)	3 (15%)	8 (40%)
• weiß nicht n (%)	50 (62,5%)	12 (60%)	12 (60%)	15 (75%)	11 (55%)
Zutrauen einer Assistenz bei einer laparoskopischen Operation					
• ja n (%)	58 (72,5%)	14 (70%)	13 (65%)	19 (95%)	12 (60%)
• nein n (%)	22 (27,5%)	6 (30%)	7 (35%)	1 (5%)	8 (40%)
Assistenz bei Laparoskopie					
• ja n (%)	13 (16%)	4 (20%)	3 (15%)	2 (10%)	4 (20%)
• nein n (%)	67 (84%)	16 (80%)	17 (85%)	18 (90%)	16 (80%)
Selbsteinschätzung (1=sehr gut, 5=sehr schlecht)					
• Teamfähigkeit M (SD)	1,7 (±0,6)	1,9 (±0,7)	1,4 (±0,5)	1,8 (±0,4)	1,8 (±0,6)
• Kommunikation M (SD)	1,8 (±0,7)	2,1 (±0,4)	1,5 (±0,5)	1,8 (±0,8)	1,9 (±0,7)
• Feinmotorik M (SD)	2,6 (±0,8)	2,6 (±0,8)	2,8 (±1,0)	2,5 (±0,8)	2,4 (±0,6)
Tests für räumliches Verständnis					
• Titmus-Test (Skala 1-10) M (SD)	8,6 (±0,9)	8,6 (±0,9)	8,6 (±1,0)	8,7 (±0,8)	8,6 (±0,8)
• Schlauchfiguren Test (Skala 1-10) M (SD)	3,9 (±1,1)	3,4 (±1,3)	3,9 (±1,1)	4,2 (±0,8)	4,1 (±1,1)
QSIVQ					
• VISU n	36	7	7	9	13
• SPAT n	24	7	6	7	4
• VERB n	16	6	3	4	3
• no n	4	0	4	0	0

Das regelmäßige Spielen am Computer oder mit einer Spielkonsole in der Freizeit wurde auf einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr häufig, 5 = nie) in der Gesamtstudienpopulation im Mittelwert mit 3,8 (SD = ±1,4) angegeben. Dabei bildeten die Studentinnen und Studenten in der Interventionsgruppe SG mit einem Mittelwert von 3,6 (SD = ±1,5) die am ehesten regelmäßig Computerspiele bzw. Videospiele spielende Gruppe, während die Interventionsgruppe BT mit einem Mittelwert von 4,3 (SD = ±1,2) am wenigsten regelmäßig spielen. Die Interventionsgruppe VR (M = 3,8, SD = ±1,3) und die KG (M = 3,8, SD = ±1,4) pendelten sich dazwischen ein.

Hinsichtlich des Spielens eines Musikinstruments gab die Gesamtpopulation aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein regelmäßiges Musizieren auf einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr häufig, 5 = nie) mit einem Mittelwert von 3,8 (SD = ±1,4) an. Die Interventionsgruppe VR gab mit einem Mittelwert von 4,5 (SD = ±1,0) die Gruppe vor, die am wenigsten regelmäßig ein Musikinstrument spielt. Die anderen Gruppen (BT: M = 3,1, SD = ±1,6; SG: M = 3,9, SD = ±1,5; KG: M = 3,6, SD = ±1,4) gaben ein ähnlich regelmäßiges Musizieren an.

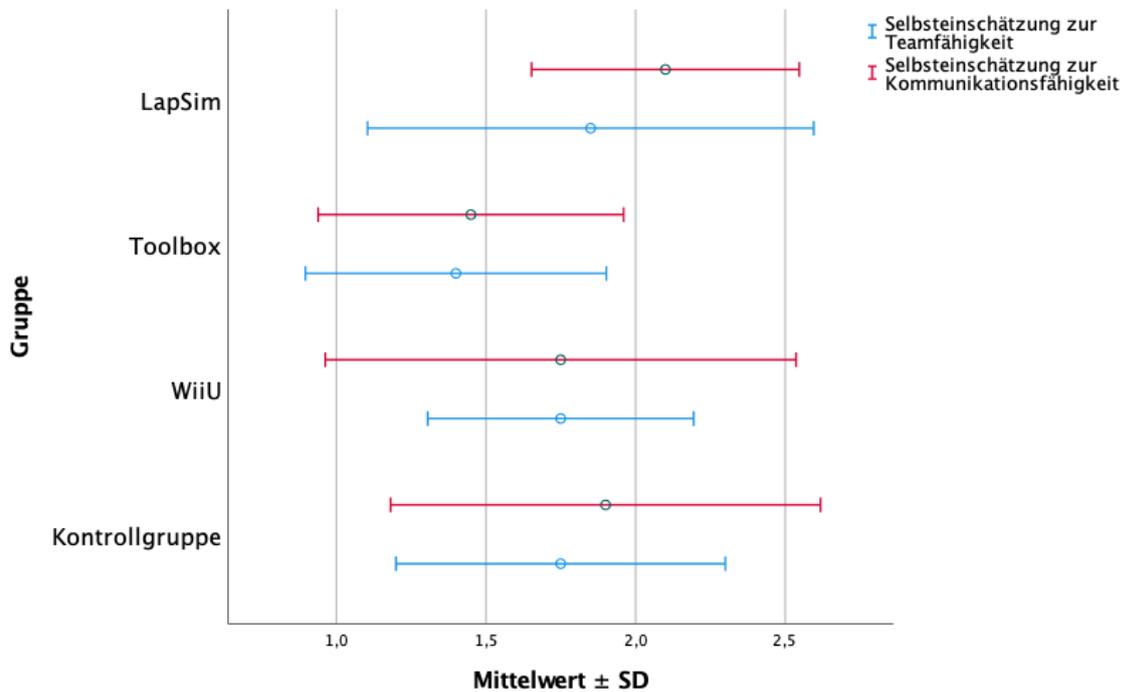
Die Fähigkeit zur Feinmotorik, welche anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr gut, 5 = sehr schlecht) durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer beurteilt wurde, wurde im Mittelwert in der Gesamtpopulation mit 2,6 angegeben (SD = ±0,8),

Abbildung 9 Regelmäßiges Computer bzw. Spielkonsole spielen und/oder Musikinstrument spielen sowie Selbsteinschätzung zur Feinmotorik



Hinsichtlich der Selbsteinschätzung zur Teamfähigkeit (M der Gesamtpopulation = 1,7, SD = $\pm 0,6$, Kommunikationsfähigkeit (M der Gesamtpopulation = 1,8, SD = $\pm 0,7$), welche anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr gut, 5 = sehr schlecht) durch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer beurteilt wurde, fällt eine im Verhältnis zu den anderen Gruppen niedrigere Selbsteinschätzung zur Kommunikationsfähigkeit in der VR-Gruppe auf (M = 2,1, SD = $\pm 0,4$).

Abbildung 10 Selbsteinschätzung zur Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeit



In den Tests zum räumlichen Denk- und Sehvermögen erkannten die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer im Titmus-Test im Mittelwert 8,6 von 9 Kreissymbolen (SD = $\pm 0,9$) und im Schlauchfiguren-Test im Mittelwert 3,9 von 6 Schlauchfiguren (SD = $\pm 1,1$). Diese Verteilungen spiegelten sich auch in den Interventionsgruppen und der Kontrollgruppe im Titmus-Test (VR: M = 8,6, SD = $\pm 0,9$; BT: M = 8,6, SD = $\pm 1,0$; SG: M = 8,7, SD = $\pm 0,8$; KG: M = 8,6, SD = $\pm 0,8$) sowie auch im Schlauchfigurentest (VR: M = 3,4, SD = $\pm 1,3$; BT: M = 3,9, SD = $\pm 1,1$; SG: M = 4,2, SD = $\pm 0,8$; KG: M = 4,1, SD = $\pm 1,1$) wider.

Für die Auswertung des „Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire“ wurde die Punktzahl auf den drei Skalen (VISU, SPAT, VERB) berechnet, indem die Bewertung der Items für jede der drei Skalen separat ermittelt wurde. Auf der Grundlage der erzielten Werte wurde jedem Teilnehmer ein individueller kognitiver Stil zugewiesen. Dabei war die Skala des individuellen kognitiven Stils mit dem höchsten Mittelwert ausschlaggebend. So ergab sich eine Zuteilung der teilnehmenden Studentinnen und Studenten auf 36 VISU, 24 SPAT und 16 VERB. Insgesamt 4 Probandinnen und Probanden konnten keinem der Denkstile zugeordnet

werden, da sie auf zwei Skalen die gleichen Werte hatten. In der KG waren verhältnismäßig viele VISU ($n = 13$) und nur 4 SPAT und 3 VERB, während sich die anderen Gruppen wie folgt verteilten: In der Gruppe, welche am VR trainierte, befanden sich 7 VISU, 7 SPAT und 6 VERB. In der Interventionsgruppe BT waren 7 VISU, 6 SPAT, 3 VERB sowie die 4 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die nicht zugeteilt werden konnten. Zudem befanden sich 9 VISU, 7 SPAT und 4 VERB in der Gruppe SG.

4.2 Eingangs- und Ausgangstest

4.2.1 „Grasping“

Bei der Übung „Grasping“ verbesserten sich alle Interventionsgruppen sowie auch die KG im Gesamt-Z-Score (VR: $p < 0,001$; BT: $p < 0,001$; SG: $p = 0,002$; KG: $p < 0,001$), im Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VR: $p < 0,001$; BT: $p < 0,001$; SG: $p = 0,001$; KG: $p < 0,001$) und im Z-Score für Fehler signifikant (VR: $p = 0,002$; BT: $p < 0,001$; KG: $p < 0,001$) vom Eingangszum Ausgangstest und erreichten dabei allesamt hohe Effektstärken ($r > 0,5$). Ausnahme stellt dabei der Z-Score für Fehler in der Gruppe SG dar, hier gab es keine signifikante Verbesserung ($p = 0,073$).

Im Gesamt-Z-Score im Ausgangstest erreichte die VR-Gruppe die höchsten Scores (Md = 3,6, IQR [1,0;5,9]). Auch im Z-Score für ergonomisches Arbeiten erzielte die Gruppe am VR im Ausgangstest die höheren Scores (Md = 1,4, IQR [0,4;2,7]), während die KG im ergonomischen Arbeiten die niedrigsten Z-Scores erreichte (Md = 1,0, IQR [-0,2;2,2]). Die höchste Effektstärke im Gesamt-Z-Score erreichte die BT-Gruppe ($r = 0,9$) gefolgt von der VR-Gruppe und der KG (jeweils $r = 0,8$). Auch in Bezug auf das ergonomische Arbeiten erreichten sowohl die VR-Gruppe als auch die BT-Gruppe die höchsten Effektstärken (jeweils $r = 0,9$). Das SG zeigte zwar signifikante Verbesserung mit hohen Effektstärken im Gesamt-Z-Score und Z-Score für ergonomisches Arbeiten, jedoch im Verhältnis zu den anderen Interventionsgruppen und auch zur KG schwächere Effektstärken (SG: Gesamt-Z-Score $r = 0,7$, Z-Score Economics $r = 0,7$). Die KG erreichte im Gesamt-Z-Score und Z-Score für ergonomisches Arbeiten höhere Effektstärken wie die SG-Gruppe (KG: Gesamt-Z-Score: $r = 0,8$, Z-Score Economics: $r = 0,8$). Im Z-Score für Fehler erreichte die Gruppe SG die niedrigsten Scores (Md = 0,6, IQR [-3,5;1,9]), während die Gruppe am VR die höchsten Scores erzielte (Md = 2,5, IQR [-0,4;3,3]). Damit erreichten die Gruppen im Z-Score für Fehler folgende Effektstärken: VR: $r = 0,7$; BT: $r = 0,8$, KG: $r = 0,8$.

In Bezug auf die Denkstile zeigten die VERB im Ausgangstest den niedrigsten Gesamt-Z-Score (Md 0,6, IQR [-8,2;4,2]), den niedrigsten Z-Score für ergonomisches Arbeiten (Md = 0,8, IQR [-1,6;-1,6]) sowie auch den niedrigsten Z-Score für Fehler (Md = -0,3, IQR [-6,3;2,3]), während die SPAT im Gesamt-Z-Score (Md = 3,8, IQR [1,7;4,7]) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten (Md = 1,6, IQR [0,8;2,5]) die höchsten Scores erzielten. Insgesamt verbesserten sich in Bezug auf die Denkstile im Test „Grasping“ alle Denkstile signifikant und mit hohen Effektstärken im Gesamt-Z-Score (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,003$), im Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,002$) sowie im Z-Score für Fehler (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,03$). Dabei erreichte der Denkstil der SPAT in allen drei Scores nicht nur die höchsten Mediane,

sondern auch die höchsten Effektstärken (Gesamt-Z-Score: $r = 0,9$, Z-Score Economics: $r = 0,9$, Z-Score Error: $r = 0,8$). Die VERB erreichten in allen drei Scores die niedrigsten Mediane und im Z-Score für Fehler die niedrigste Effektstärke im Vergleich zu den anderen Denkstilen ($r = 0,5$) erreicht.

Der Mediantest bei unabhängigen Stichproben zeigte keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,046$) in Bezug auf die Denkstile im Gesamt-Z-Score, Z-Score für ergonomisches Arbeiten oder Z-Score für Fehler sowohl im Eingangs- als auch Ausgangstest.

Die Analyse der jeweiligen Denkstile an den unterschiedlichen Trainingsmodalität zeigt, dass sich alle Denkstiltypen am VR signifikant und mit hohen Effektstärken vom Eingangs- zum Ausgangstest sowohl unter Betrachtung des Gesamt-Z-Scores, des Z-Scores für ergonomisches Arbeiten als auch des Z-Scores für Fehler verbesserten ($p \leq 0,046$). Ausnahme stellt hier der VISU ($p = 0,237$) im Z-Score für Fehler dar. Am BT erreichten die Denkstile der VISU und SPAT signifikante Verbesserung mit hohen Effektstärken im Gesamt-Z-Score (VISU: $p = 0,028$ $r = 0,8$; SPAT: $p = 0,028$, $r = 0,9$) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VISU: $p = 0,018$, $r = 0,9$; SPAT: $p = 0,028$, $r = 0,9$). In Bezug auf den Z-Score für Fehler erreichten jedoch nur die SPAT signifikante Verbesserungen mit hoher Effektstärke am BT ($p = 0,028$, $r = 0,9$). In der Gruppe, welche das SG trainierten, erreichten die VISU signifikante Verbesserung mit hohen Effektstärken zwischen Eingangs- und Ausgangstest bezüglich des Gesamt-Z-Scores ($p = 0,011$, $r = 0,9$) und des Z-Score für ergonomisches Arbeiten ($p = 0,008$, $r = 0,9$). Zusätzlich erreichten die SPAT, welche das SG trainierten, signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken im Z-Score für ergonomisches Arbeiten ($p = 0,043$, $r = 0,8$). In der KG konnten die VISU auch ohne Training signifikante Verbesserungen in allen drei Scores erreichen, wenn auch diese Effektstärken im Verhältnis zu den anderen niedriger waren (Gesamt-Z-Score: $p = 0,004$, $r = 0,8$, Z-Score Economics: $p = 0,006$, $r = 0,8$, Z-Score Error: $p = 0,007$, $r = 0,8$).

Ergebnisse

Abbildung 11 Grasping Gesamt-Z-Score

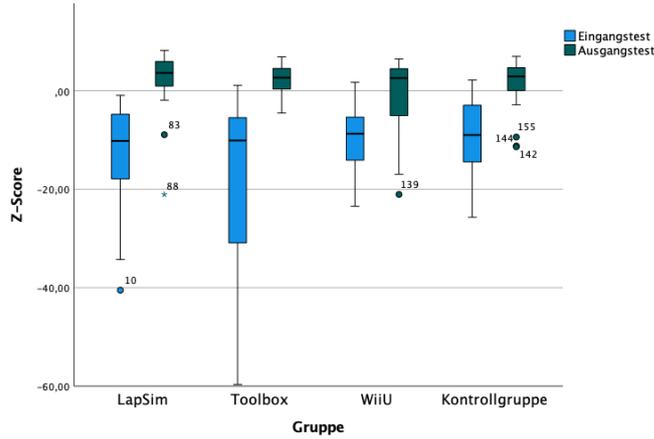


Abbildung 12 Grasping Z-Score Economics

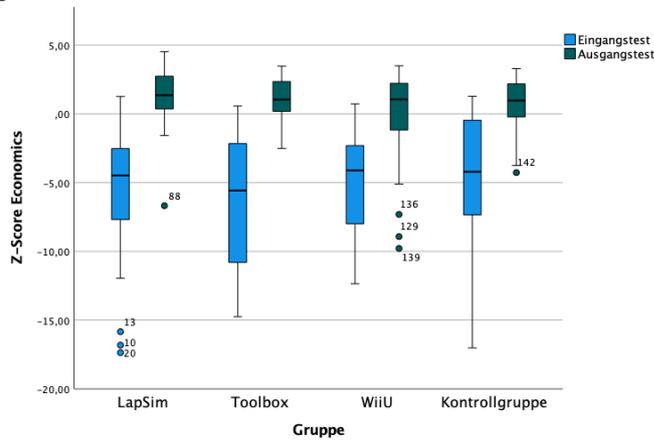


Abbildung 13 Grasping Z-Score Error

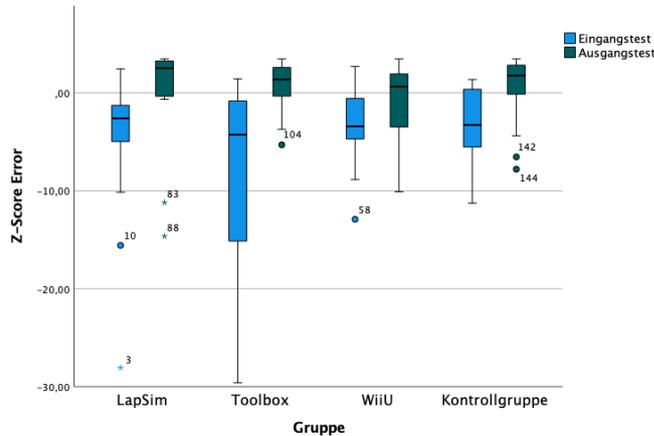


Tabelle 5 Grasping Z-Scores

Interventionsgruppe		Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
Gruppe n = 80	VR n = 20	-10,2 [-17,9;-4,8]	3,6 [1,0;5,9]	< 0,001	0,8
	BT n = 20	-10,1 [-30,9;-5,5]	2,7 [0,4;4,6]	< 0,001	0,9
	SG n = 20	-8,7 [-14,1;-5,4]	2,6 [-5,0;4,5]	0,002	0,7
	KG n = 20	-9,0 [-14,5;-2,9]	2,9 [0,1;4,7]	< 0,001	0,8
Z-Score Economics					
Gruppe n = 80	VR n = 20	-4,5 [-7,7;-2,5]	1,4 [0,4;2,7]	< 0,001	0,9
	BT n = 20	-5,6 [-10,8;-2,2]	1,0 [0,2;2,4]	< 0,001	0,9
	SG n = 20	-4,1 [-8,0;-2,3]	1,1 [-1,2;2,2]	0,001	0,7
	KG n = 20	-4,2 [-7,3;-0,5]	1,0 [-0,2;2,2]	< 0,001	0,8
Z-Score Error					
Gruppe n = 80	VR n = 20	-2,6 [-5,0;-1,3]	2,5 [-0,4;3,3]	0,002	0,7
	BT n = 20	-4,3 [-15,1;-0,8]	1,4 [-0,3;2,6]	< 0,001	0,8
	SG n = 20	-3,4 [-4,7;-0,6]	0,6 [-3,5;1,9]	0,073	
	KG n = 20	-3,3 [-5,5;0,4]	1,8 [-0,2;2,8]	< 0,001	0,8
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe				

Abbildung 14 Grasping Gesamt-Z-Score Denkstile

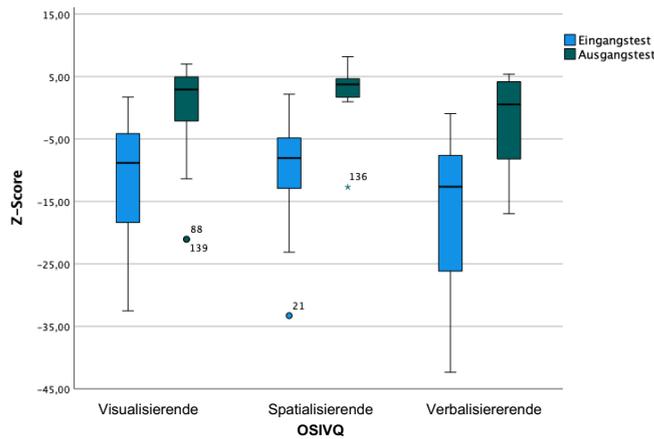


Abbildung 15 Grasping Z-Score Economics Denkstile

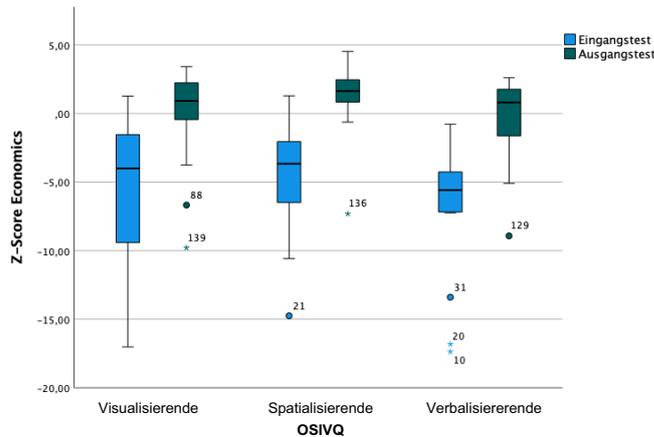


Abbildung 16 Grasping Z-Score Error Denkstile

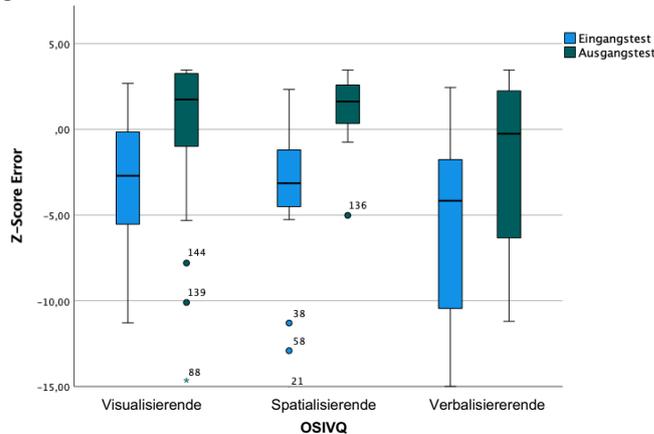


Tabelle 6 Grasping Z-Scores Denkstile

Denkstil		Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt- Z-Score					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	-8,8 [-18,4;-4,1]	2,9 [-2,1;5,0]	< 0,001	0,8
	SPAT n = 24	-8,0 [-12,9;-4,8]	3,8 [1,7;4,7]	< 0,001	0,9
	VERB n = 16	-12,6 [-26,2;-7,6]	0,6 [-8,2;4,2]	0,003	0,8
Z-Score Economics					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	-4,0 [-9,4;-1,5]	0,9 [-0,4;2,2]	< 0,001	0,8
	SPAT n = 24	-3,7 [-6,5;-2,1]	1,6 [0,8;2,5]	< 0,001	0,9
	VERB n = 16	-5,6 [-7,2;-4,3]	0,8 [-1,6;-1,6]	0,002	0,8
Z-Score Error					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	-2,7 [-5,5;-0,2]	1,7 [-1,0;3,3]	< 0,001	0,6
	SPAT n = 24	-3,1 [-4,5;-1,2]	1,6 [0,3;2,6]	< 0,001	0,8
	VERB n = 16	-4,2 [-10,5;-1,8]	-0,3 [-6,3;2,3]	0,03	0,5
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende				

Abbildung 18 Grasping Z-Score Mediantest
Eingangstest

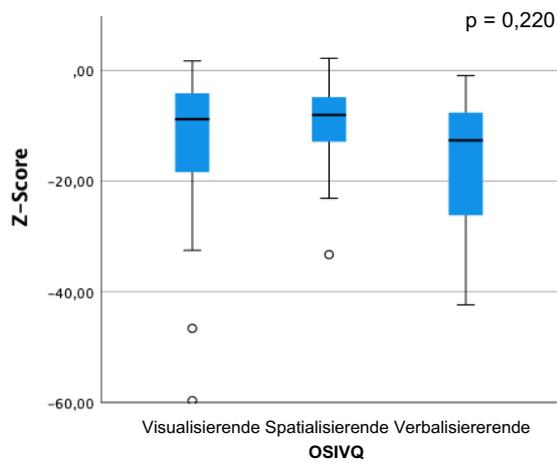


Abbildung 17 Grasping Z-Score Mediantest
Ausgangstest

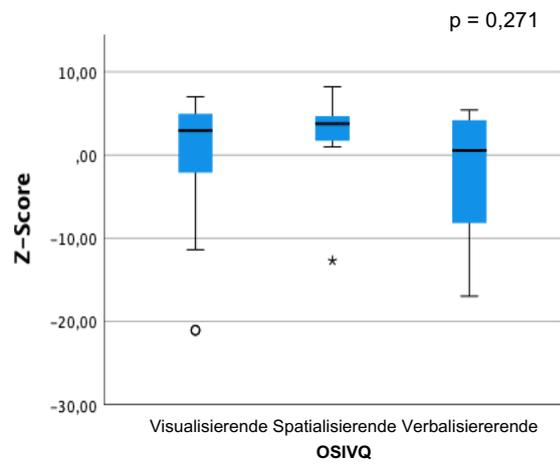


Abbildung 19 Grasping Z-Score Economics Mediantest
Eingangstest

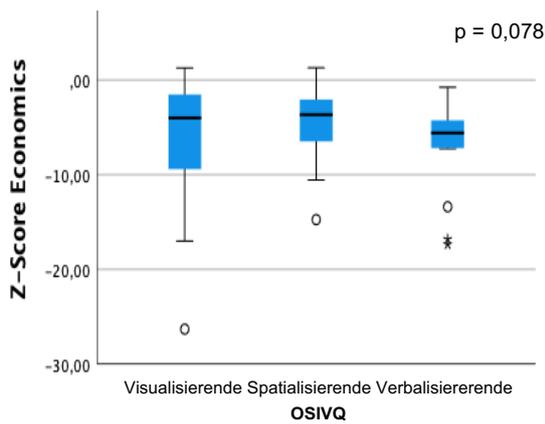


Abbildung 20 Grasping Z-Score Economics Mediantest
Ausgangstest

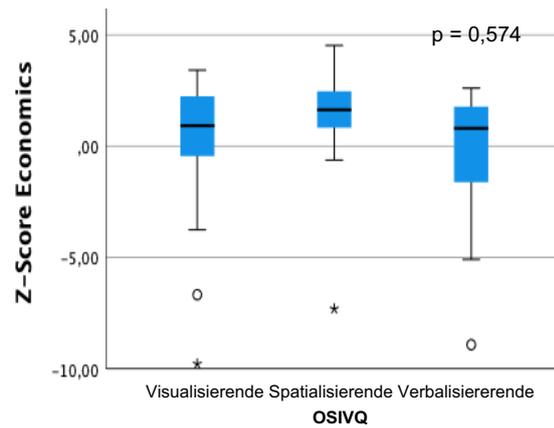


Abbildung 21 Grasping Z-Score Error Mediantest
Eingangstest

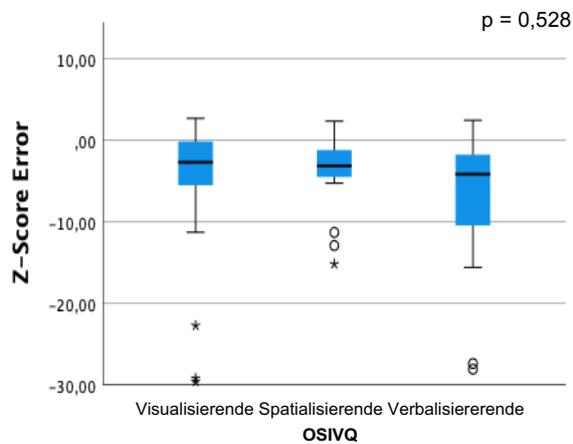
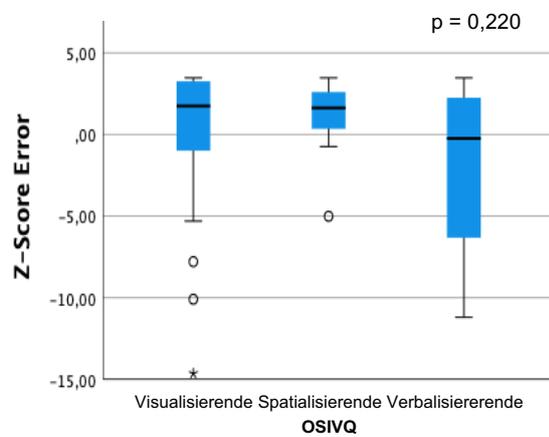


Abbildung 22 Grasping Z-Score Error Mediantest
Ausgangstest



Ergebnisse

Tabelle 7 Grasping Z-Scores Subgruppen

Gruppe n = 76	Denkstil n = 76	Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
VR n = 20	VISU n = 7	-6,5 [-17,6;-4,4]	4,2 [0,4;6,5]	0,028	0,8
	SPAT n = 7	-5,6 [-10,3;-3,2]	3,8 [2,0;7,9]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-26,2 [-34,3;-11,4]	0,6 [-1,9;3,5]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	-9,3 [-46,6;-4,6]	0,8 [-3,7;5,2]	0,028	0,8
	SPAT n = 6	-10,0 [-21,3;-5,2]	3,3 [1,6;4,2]	0,028	0,9
	VERB n = 3	-11,9 [-42,3;-7,3]	3,8 [2,2;4,8]	0,109	
SG n = 20	VISU n = 9	-9,0 [-14,8;-4,4]	2,6 [-2,5;3,7]	0,011	0,9
	SPAT n = 7	-8,1 [-16,0;-1,0]	4,0 [1,5;4,7]	0,063	
	VERB n = 4	-8,9 [-11,7;-7,1]	-10,2 [-14,9;-1,5]	1,00	
KG n = 20	VISU n = 13	-6,9 [-12,6;-2,8]	3,2 [1,2;4,7]	0,004	0,8
	SPAT n = 4	-10,6 [-14,2;-2,9]	2,6 [1,6;4,1]	0,068	
	VERB n = 3	-13,7 [-18,0;-3,1]	-1,1 [-11,2;5,1]	0,109	
Z-Score Economics					
VR n = 20	VISU n = 7	-4,2 [-12,0;-1,3]	0,6 [0,0;2,7]	0,018	0,9
	SPAT n = 7	-3,1 [-4,9;-1,1]	2,8 [0,9;3,6]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-5,0 [-16,8;-3,6]	0,9 [-0,9;1,4]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	-4,9 [-14,0;-1,6]	0,9 [-1,2;2,6]	0,018	0,9
	SPAT n = 6	-4,1 [-8,5;-1,9]	1,0 [0,8;1,3]	0,028	0,9
	VERB n = 3	-5,8 [-13,4;-5,3]	1,5 [1,2;2,6]	0,109	
SG n = 20	VISU n = 9	-3,9 [-8,9;-2,5]	0,6 [-0,6;1,9]	0,008	0,9
	SPAT n = 7	-3,9 [-9,5;-2,2]	2,0 [0,8;2,4]	0,043	0,8
	VERB n = 4	-5,9 [-6,9;-3,6]	-3,4 [-7,0;0,3]	0,465	
KG n = 20	VISU n = 13	-2,8 [-7,6;-0,2]	1,0 [-0,3;2,0]	0,006	0,8
	SPAT n = 4	-5,1 [-7,1;-1,1]	1,2 [0,5;1,8]	0,068	
	VERB n = 3	-6,2 [-7,2;-0,8]	0,1 [-4,3;2,3]	0,109	
Z-Score Error					
VR n = 20	VISU n = 7	-2,0 [-4,0;-0,8]	3,0 [-0,4;3,5]	0,237	
	SPAT n = 7	-2,4 [-3,1;-0,9]	2,6 [-0,1;3,5]	0,043	0,8
	VERB n = 6	-10,0 [-15,6;-5,2]	-0,3 [-0,6;2,5]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	-1,7 [-29,2;-0,5]	0,1 [-3,7;2,9]	0,063	
	SPAT n = 6	-4,6 [-11,3;-2,4]	1,8 [1,2;2,6]	0,028	0,9
	VERB n = 3	-4,7 [-27,4;0,9]	0,4 [0,4;2,6]	0,285	
SG n = 20	VISU n = 9	-3,7 [-5,4;0,2]	0,6 [-1,6;2,5]	0,066	
	SPAT n = 7	-3,3 [-5,0;0,4]	1,1 [-0,7;1,9]	0,091	
	VERB n = 4	-2,8 [-3,6;-1,7]	-6,7 [-7,7;-2,1]	0,273	
KG n = 20	VISU n = 13	-4,0 [-5,6;0,4]	1,9 [0,0;3,5]	0,007	0,8
	SPAT n = 4	-3,3 [-4,1;-1,0]	1,9 [0,7;2,2]	0,068	
	VERB n = 3	-2,2 [-10,7;-1,5]	-1,6 [-6,5;3,1]	0,285	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende				

4.2.2 „Fine Dissection“

Bei der Übung „Fine Dissection“ zeigten alle Interventionsgruppen sowie auch die KG im Gesamt-Z-Score (VR: $p < 0,001$; BT: $p = 0,002$; SG: $p = 0,001$; KG: $p = 0,001$) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VR: $p < 0,001$; BT: $p < 0,001$; SG: $p < 0,001$; KG: $p < 0,001$) signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken zwischen Eingangs- und Ausgangstest. Die Gruppe am VR erreicht dabei die höchsten Effektstärken (Gesamt-Z-Score: $r = 0,8$, Z-Score Economics: $r = 0,9$). Die KG erreichte im Ausgangstest den niedrigsten Gesamt-Z-Score (Md = 2,5, IQR [-0,1;4,1]) und auch den niedrigsten Z-Score im ergonomischen Arbeiten (Md = 0,9, IQR [-0,1;2,2]), gefolgt von der Gruppe SG, welche im Gesamt-Z-Score die zweitniedrigsten Scores erzielten (Md = 3,1, IQR [0,0;4,9]). Im Z-Score für Fehler erreichte keiner der Gruppen signifikante Verbesserungen.

In Bezug auf die Denkstiltypen erreichten alle Stile sowohl im Gesamt-Z-Score (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,003$) als auch im Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,002$) signifikante Verbesserungen zwischen Eingangs- und Ausgangstest. Im Z-Score für Fehler erreichten nur die SPAT ($p = 0,023$, $r = 0,5$) und VERB ($p = 0,015$, $r = 0,6$) signifikante Verbesserungen. Die SPAT erzielten in allen Scores sowohl in den Eingangs- als auch Ausgangstests die höchsten Mediane und zeigten auch im Gesamt-Z-Score ($r = 0,9$) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten ($r = 0,9$) die höchsten Effektstärken. Im Gegensatz dazu erreichten die VERB in allen Scores die niedrigsten Mediane sowohl im Eingangs- als auch Ausgangstest (Ausgangstest: Gesamt-Z-Score: Md = 1,4, IQR [-2,1;3,2], Z-Score für ergonomisches Arbeiten: Md = 1,8, IQR [-1,2;2,3], Z-Score für Fehler: Md = -0,9 IQR [-2,2;2,0]).

Während im Eingangstest keine signifikanten Unterschiede in allen Scores zwischen den verschiedenen Denkstiltypen bestanden, zeigten sich im Ausgangstest signifikante Unterschiede: Der Denkstil der SPAT zeigte sich im Gesamt-Z-Score signifikant besser gegenüber den VERB ($p = 0,001$) und signifikant besser gegenüber den VISU ($p = 0,008$). In Bezug auf ergonomisches Arbeiten ($p = 0,011$) und auch auf Fehler ($p = 0,011$) schnitten die SPAT signifikant besser als die VISU.

Unter Betrachtung der Denkstile an der jeweiligen Trainingsmodalität zeigten im Gesamt-Z-Score die SPAT in allen Interventionsgruppen signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken (VR: $p = 0,018$, $r = 0,9$; BT: $p = 0,028$, $r = 0,9$; SG: $p = 0,018$, $r = 0,9$). Außerdem erreichten die VISU nach dem Training mittels SG ($p = 0,008$, $r = 0,9$) und auch die KG ohne Training ($p = 0,009$, $r = 0,7$) signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken. In Bezug auf den Gesamt-Z-Score konnten die VERB einzig am VR signifikante Verbesserungen mit einer hohen Effektstärke erreichen ($p = 0,028$, $r = 0,9$). Die SPAT erzielten im Ausgangstest in

allen Gruppen die besten Mediane im Gesamt-Z-Score im Vergleich zu den anderen Denkstilen.

In Bezug auf ergonomisches Arbeiten erzielten alle Denkstiltypen am VR signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken (VISU: $p = 0,018$, $r = 0,9$; SPAT: $p = 0,018$, $r = 0,9$; VERB: $p = 0,028$, $r = 0,9$). Die SPAT erzielten auch in den anderen Interventionsgruppen signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken (BT: $p = 0,028$, $r = 0,9$, SG: $p = 0,018$, $r = 0,9$) sowie die VISU signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken nach dem Training am SG ($p = 0,008$, $r = 0,9$) sowie in der KG ($p = 0,004$, $r = 0,8$) erzielten.

Bezüglich des Z-Scores für Fehler erzielten nur die VERB nach dem Training am VR signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken ($p = 0,028$, $r = 0,9$).

Abbildung 23 Fine Dissection Gesamt-Z-Score

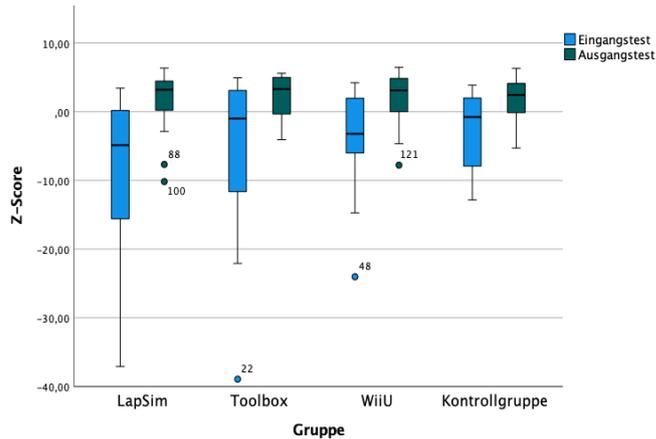


Abbildung 24 Fine Dissection Z-Score Economics

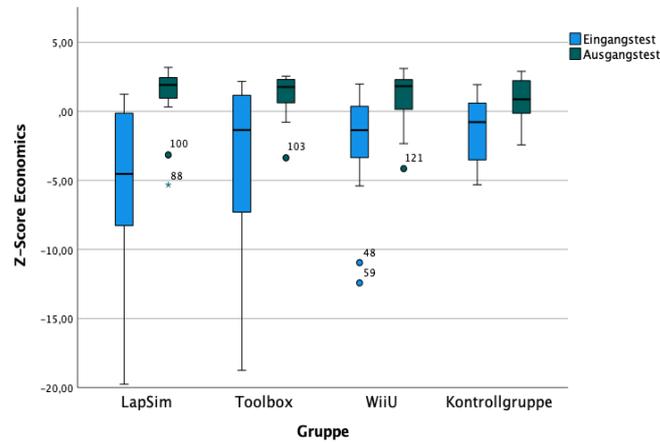


Abbildung 25 Fine Dissection Z-Score Error

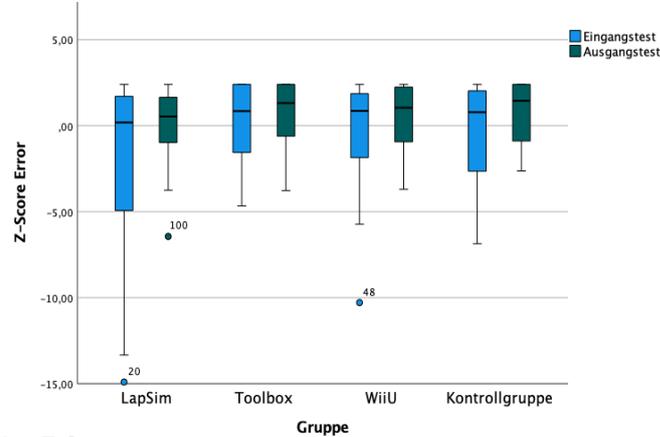


Tabelle 8 Fine Dissection Z-Scores

Interventionsgruppe		Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
Gruppe n = 80	VR n = 20	-4,9 [-15,6;0,2]	3,2 [0,2;4,5]	< 0,001	0,8
	BT n = 20	-1,0 [-11,6;3,1]	3,3 [-0,3;5,0]	0,002	0,7
	SG n = 20	-3,2 [-6,0;2,0]	3,1 [0,0;4,9]	0,001	0,7
	KG n = 20	-0,8 [-7,9;2,0]	2,5 [-0,1;4,1]	0,001	0,7
Z-Score Economics					
Gruppe n = 80	VR n = 20	-4,5 [-8,3;-0,1]	1,9 [1,0;2,4]	< 0,001	0,9
	BT n = 20	-1,4 [-7,3;1,2]	1,8 [0,6;2,3]	< 0,001	0,8
	SG n = 20	-1,4 [-3,4;0,4]	1,8 [0,2;2,3]	< 0,001	0,8
	KG n = 20	-0,8 [-3,5;0,6]	0,9 [-0,1;2,2]	< 0,001	0,8
Z-Score Error					
Gruppe n = 80	VR n = 20	0,1 (-4,9;1,7)	0,5 (-1,0;1,7)	0,64	
	BT n = 20	0,9 (-1,6;2,4)	1,3 (-0,6;2,4)	0,124	
	SG n = 20	0,9 (-1,8;1,9)	1,0 (-0,9;2,3)	0,159	
	KG n = 20	0,8 (-2,6;2,0)	1,5 (-0,9;2,4)	0,07	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe				

Ergebnisse

Abbildung 26 Fine Dissection Gesamt-Z-Score Denkstile

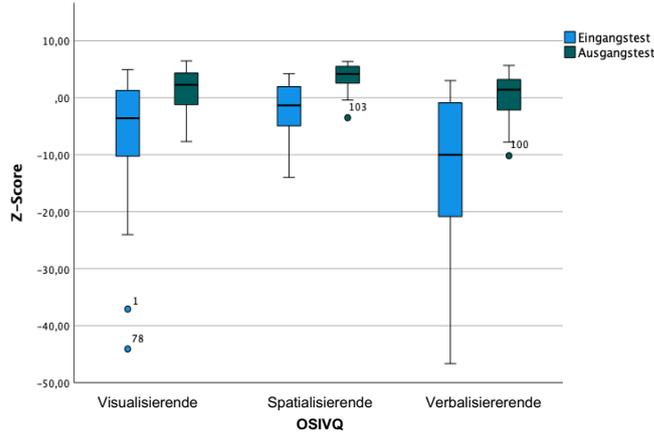


Abbildung 27 Fine Dissection Z-Score Economics Denkstile

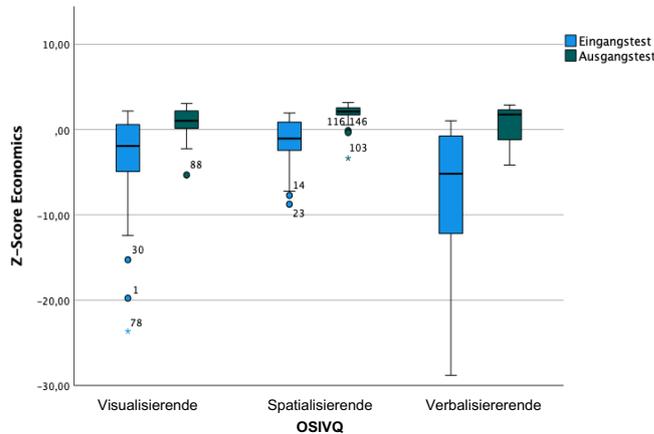


Abbildung 28 Fine Dissection Z-Score Error Denkstile

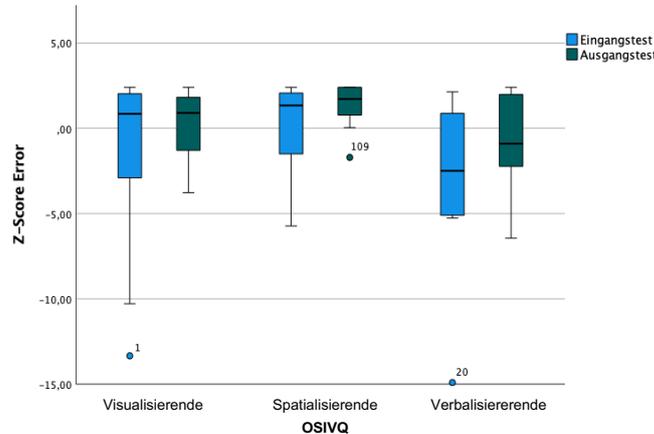


Tabelle 9 Fine Dissection Z-Scores Denkstile

Denkstil		Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	-3,6 [-10,3;1,3]	2,3 [-1,2;4,4]	< 0,001	0,7
	SPAT n = 24	-1,3 [-4,9;2,0]	4,2 [2,6;5,5]	< 0,001	0,9
	VERB n = 16	-10,0 [-20,8;-0,9]	1,4 [-2,1;3,2]	0,003	0,8
Z-Score Economics					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	-1,9 [-4,9;0,6]	1,0 [0,2;2,2]	< 0,001	0,8
	SPAT n = 24	-1,0 [-2,4;0,9]	2,1 [1,7;2,6]	< 0,001	0,9
	VERB n = 16	-5,2 [-12,2;-0,8]	1,8 [-1,2;2,3]	0,002	0,8
Z-Score Error					
OSIVQ n = 76	VISU n = 36	0,9 [-2,9;2,0]	0,9 [-1,3;1,8]	0,112	
	SPAT n = 24	1,3 [-1,5;2,1]	1,7 [0,8;2,4]	0,023	0,5
	VERB n = 16	-2,5 [-5,1;0,9]	-0,9 [-2,2;2,0]	0,015	0,6
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende				

Abbildung 29 Fine Dissection Z-Score Mediantest Eingangstest

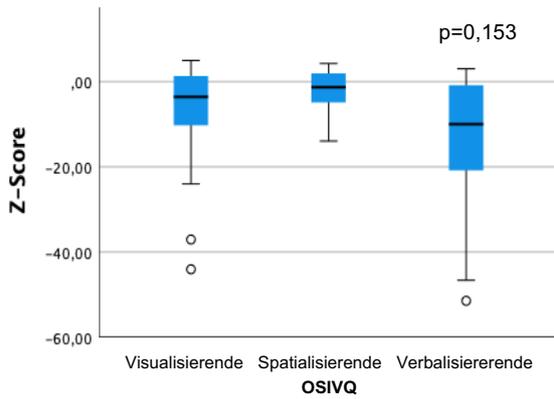


Abbildung 30 Fine Dissection Z-Score Mediantest Ausgangstest

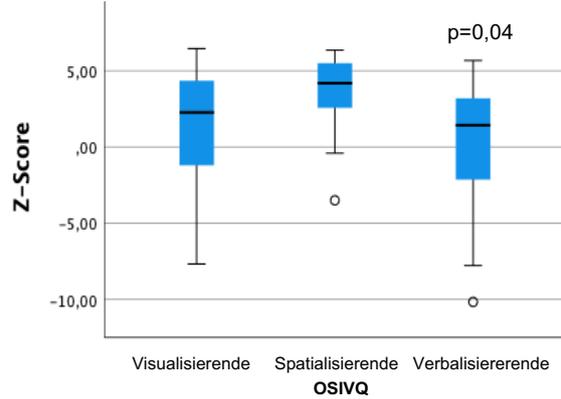


Tabelle 10 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,548
VERB – SPAT	0,001
VISU – SPAT	0,008

Abkürzungen: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Abbildung 31 Fine Dissection Z-Score Economics Mediantest Eingangstest

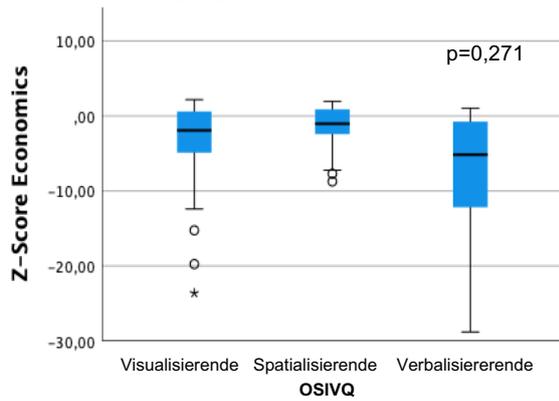


Abbildung 32 Fine Dissection Z-Score Economics Mediantest Ausgangstest

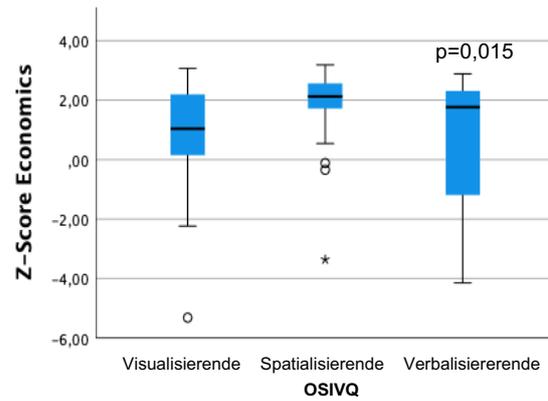


Tabelle 11 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,229
VERB – SPAT	0,053
VISU – SPAT	0,011

Abkürzungen: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Abbildung 33 Fine Dissection Z-Score Error Mediantest Eingangstest

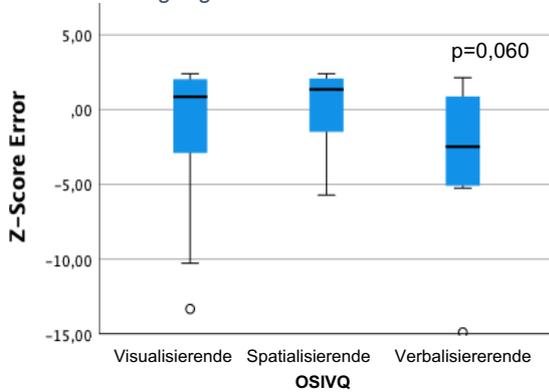


Abbildung 34 Fine Dissection Z-Score Error Mediantest Ausgangstest

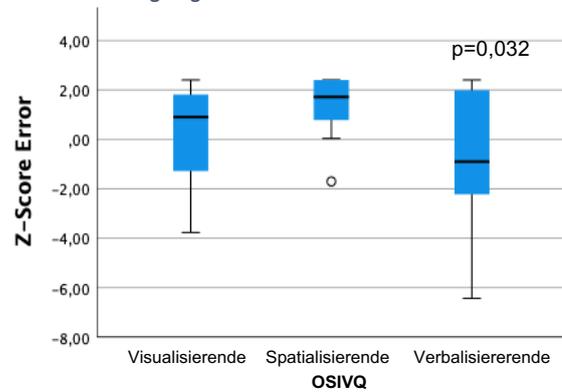


Tabelle 12 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,229
VERB – SPAT	0,053
VISU – SPAT	0,011

Abkürzungen: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Tabelle 13 Fine Dissection Z-Scores Subgruppen

Gruppe n = 76	OSIVQ n = 76	Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
VR n = 20	VISU n = 7	-3,7 [-17,3;0,4]	0,2 [-2,9;2,6]	0,063	
	SPAT n = 7	-3,5 [-7,1;1,2]	4,2 [3,3;5,7]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-15,6 [-25,7;-10,5]	3,2 [0,3;5,0]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	0,6 [-22,1;4,6]	-0,1 [-2,0;4,5]	0,237	
	SPAT n = 6	-1,0 [-3,6;2,0]	3,3 [-0,4;5,5]	0,028	0,9
	VERB n = 3	-38,9 [-51,5;1,8]	2,1 [-0,2;5,1]	0,109	
SG n = 20	VISU n = 9	-4,0 [-7,0;0,1]	3,2 [-0,9;4,8]	0,008	0,9
	SPAT n = 7	-1,5 [-3,0;2,0]	4,6 [2,6;5,7]	0,018	0,9
	VERB n = 4	-4,5 [-7,6;-0,8]	-1,6 [-5,9;2,0]	0,715	
KG n = 20	VISU n = 13	-0,1 [-9,2;1,4]	2,7 [0,0;3,9]	0,009	0,7
	SPAT n = 4	-2,2 [-5,7;2,1]	4,1 [2,8;5,3]	0,068	
	VERB n = 3	-1,4 [-10,3;3,0]	-0,3 [-4,4;2,0]	0,285	
Z-Score Economics					
VR n = 20	VISU n = 7	-4,5 [-7,2;-0,0]	0,7 [0,3;1,8]	0,018	0,9
	SPAT n = 7	-1,4 [-7,2;1,1]	2,3 [1,8;2,9]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-8,9 [-15,3;-4,6]	2,2 [1,3;2,4]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	-0,1 [-15,3;2,0]	1,1 [-0,6;1,8]	0,176	
	SPAT n = 6	-1,4 [-2,2;-0,4]	2,2 [-0,1;2,3]	0,028	0,9
	VERB n = 3	-18,8 [-28,8;1,0]	2,3 [1,8;2,6]	0,109	
SG n = 20	VISU n = 9	-2,4 [-3,9;-1,2]	2,2 [-0,0;2,3]	0,008	0,9
	SPAT n = 7	-0,4 [-1,9;1,1]	1,9 [0,7;2,7]	0,018	0,9
	VERB n = 4	-3,0 [-5,2;-0,5]	-1,0 [-3,2;1,3]	0,465	
KG n = 20	VISU n = 13	-0,9 [-3,7;0,6]	0,7 [0,5;2,2]	0,004	0,8
	SPAT n = 4	-1,0 [-2,7;1,0]	2,0 [0,7;2,6]	0,068	
	VERB n = 3	-0,5 [-5,3;1,0]	-0,0 [-2,4;1,8]	0,109	
Z-Score Error					
VR n = 20	VISU n = 7	1,0 [-8,3;1,3]	-0,6 [-1,6;0,9]	0,866	
	SPAT n = 7	1,7 [-1,4;2,4]	1,6 [0,4;2,1]	0,345	
	VERB n = 6	-4,9 [-5,3;-3,1]	0,6 [-2,3;1,8]	0,028	0,9
BT n = 16	VISU n = 7	0,8 [-4,7;2,4]	0,3 [-2,7;2,4]	0,499	
	SPAT n = 6	1,4 [0,5;2,4]	1,4 [0,0;2,4]	1,00	
	VERB n = 3	-17,5 [-17,6;0,6]	-0,3 [-3,7;2,4]	0,109	
SG n = 20	VISU n = 9	-0,6 [-0,7;1,2]	1,0 [-0,4;1,1]	0,314	
	SPAT n = 7	0,9 [-3,4;2,4]	1,7 [1,7;2,3]	0,173	
	VERB n = 4	-0,3 [-1,8;1,6]	-1,8 [-2,1;0,5]	1,00	
KG n = 20	VISU n = 13	1,1 [-3,8;2,1]	1,2 [-0,6;2,4]	0,327	
	SPAT n = 4	0,0 [-1,7;1,7]	2,1 [1,4;2,4]	0,068	
	VERB n = 3	-0,8 [-3,5;2,1]	-1,5 [-2,3;2,2]	1,00	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe				

4.2.3 „Clip Applying“

Den Test „Clip Applying“ konnten im Eingangstest eine Teilnehmerin oder Teilnehmer am Boxtrainer und zwei Teilnehmerinnen oder Teilnehmer aus der Kontrollgruppe aufgrund zu vielen Blutes nicht abschließen.

Alle Interventionsgruppen und KG verbesserten sich signifikant und mit hohen Effektstärken zwischen Eingangs- und Ausgangstest im Gesamt-Z-Score (VR: $p < 0,001$; BT: $p = 0,007$; KG: $p = 0,014$) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VR: $p < 0,001$, BT: $p = 0,001$; SG: $p = 0,037$; KG: $p = 0,002$), mit Ausnahme der Gruppe SG im Gesamt-Z-Score ($p = 0,079$). Im Z-Score für Fehler zeigte ausschließlich die Gruppe am VR eine signifikante Verbesserung mit hohen Effektstärken ($p < 0,001$, $r = 0,8$). Die Effektstärke im Gesamt-Z-Score war in der BT-Gruppe und in der KG (jeweils $r = 0,6$) im Verhältnis zur VR ($r = 0,9$) niedriger. Auch im Z-Score für ergonomisches Arbeiten war die Effektstärke in der VR-Gruppe am höchsten ($r = 0,8$), während sie in der Gruppe SG im Verhältnis zu den anderen Gruppen am niedrigsten war ($r = 0,5$). Die BT-Gruppe ($r = 0,7$) und die KG ($r = 0,7$) reihten sich mit den Effektstärken in Bezug auf den Z-Score für ergonomisches Arbeiten dazwischen ein. Die Gruppe am VR erzielte im Abschlusstest bezüglich des Gesamt-Z-Scores (Md = 4,1, IQR [1,6;8,2]) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten (Md = 1,9, IQR [0,5; 3,2]) die höchsten Mediane, während die KG in den beiden Scores die niedrigsten Mediane im Vergleich zu den Interventionsgruppen erzielte (Gesamt Z-Score: Md = 0,7, IQR [-3,0;6,8], Z-Score Economics: Md = 0,7, IQR [-1,1;2,3]).

Bezüglich des Denkstils erzielten alle Denkstiltypen im Gesamt-Z-Score (VISU: $p = 0,002$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,013$), Z-Score für ergonomisches Arbeiten (VISU: $p < 0,001$; SPAT: $p < 0,001$; VERB: $p = 0,016$) und Z-Score für Fehler signifikante Verbesserung (VISU: $p = 0,044$; SPAT: $p = 0,008$), mit Ausnahme des Z-Scores für Fehler der VERB ($p = 0,055$). Tendenziell die höchsten Effektstärken in allen Scores erzielten die SPAT (Gesamt-Z-Score: $r = 0,7$, Z-Score Economics: $r = 0,8$, Z-Score Error: $r = 0,5$). Die SPAT zeigten außerdem sowohl im Eingangs- als auch Ausgangstest in allen Scores die höchsten Mediane im Vergleich zu den anderen Denkstilen, während die VERB in allen Scores sowohl im Eingangs- als auch Ausgangstest am schlechtesten abschlossen und die niedrigsten Mediane erreichten. Die VISU schnitten in den Medianen der Scores im Eingangs- und Ausgangstest zwar besser ab wie die VERB erreichten jedoch im Gesamt-Z-Score ($r = 0,5$) und Z-Score für ergonomisches Arbeiten ($r = 0,6$) schwächere Effektstärken als die VERB (Gesamt-Z-Score: $r = 0,7$, Z-Score Economics: $r = 0,7$). Im Z-Score für Fehler erzielten die SPAT eine hohe Effektstärke ($r = 0,5$), während die VISU nur mittlere Effektstärken erzielten ($r = 0,3$).

In den Eingangstest gab es unter den Denkstilen keine signifikanten Unterschiede, wohingegen in den Ausgangstests bezüglich des Gesamt-Z-Scores ($p = 0,010$), des Z-Scores

für ergonomisches Arbeiten ($p = 0,010$) und Z-Score für Fehler ($p = 0,010$) die SPAT signifikant besser abschlossen wie die Verbalisierenden. Im Z-Score für ergonomisches Arbeiten zeigten sich die SPAT ebenso signifikant besser als die VISU ($p = 0,035$).

Im Gesamt-Z-Score erreichten alle Denkstile am VR signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken (VISU: $p = 0,028$, $r = 0,8$; SPAT: $p = 0,018$, $r = 0,9$; VERB: $p = 0,028$; $r = 0,9$), wohingegen bezüglich des Gesamt-Z-Scores nur noch die VISU in der KG eine signifikante Verbesserung aufweisen konnten ($p = 0,046$, $r = 0,6$). Die Effektstärke der VISU in der KG war dabei mit $r = 0,6$ jedoch niedriger als die der Denkstile, welche am VR trainierten. Die SPAT, welche am VR ($p = 0,018$, $r = 0,9$) und dem BT ($p = 0,046$, $r = 0,8$) trainierten erreichten außerdem signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken im Z-Score für ergonomisches Arbeiten. Die SPAT erreichten damit im Z-Score für ergonomisches Arbeiten auch die höchsten Mediane im Ausgangstest (VR: Md = 2,6, IQR [1,2;3,4]; BT: Md = 2,0, IQR [0,7;2,3]; SG: Md = 2,0, IQR [1,5;2,6]; KG: Md 2,4, IQR [0,9;2,8]). Wenn auch mit niedrigerer Effektstärke ($p = 0,016$, $r = 0,7$) im Vergleich zu den SPAT erreichten auch die VISU in der Kontrollgruppe signifikante Verbesserungen im Z-Score für ergonomisches Arbeiten. Bezüglich des Z-Scores für Fehler erreichten die SPAT ($p = 0,028$, $r = 0,8$) und VERB ($p = 0,046$, $r = 0,8$) signifikante Verbesserungen mit hohen Effektstärken.

Abbildung 35 Clip Applying Gesamt-Z-Score

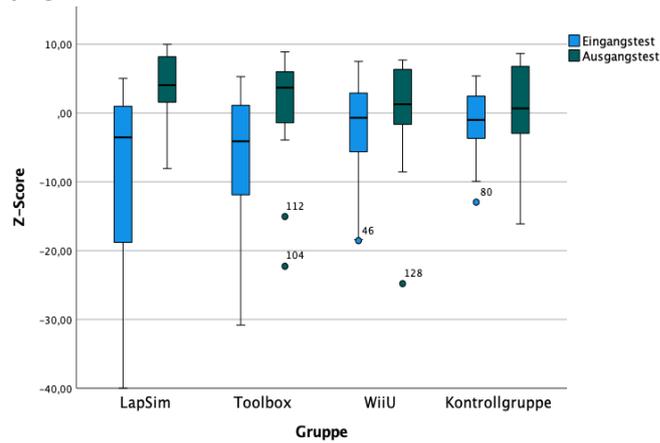


Abbildung 36 Clip Applying Z-Score Economics

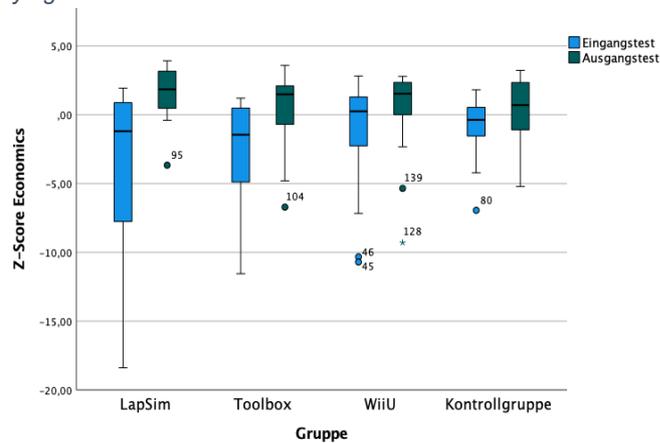


Abbildung 37 Clip Applying Z-Score Error

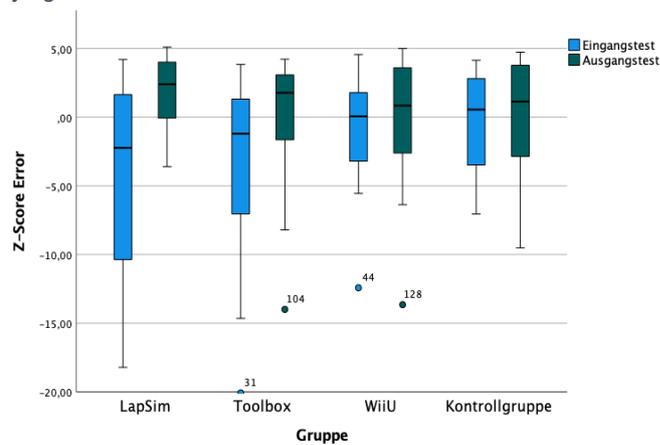


Tabelle 14 Clip Applying Z-Scores

Interventionsgruppe	Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke	
Gesamt-Z-Score					
Gruppe n = 77	VR n = 20	-3,5 [-18,8;1,0]	4,1 [1,6;8,2]	< 0,001	0,9
	BT n = 19	-4,1 [-16,6;1,1]	3,7 [-1,4;6,0]	0,007	0,6
	SG n = 20	-0,7 [-5,6;2,9]	1,3 [-1,6;6,4]	0,079	
	KG n = 18	-1,0 [-3,7;2,5]	0,7 [-3,0;6,8]	0,014	0,6
Z-Score Economics					
Gruppe n = 77	VR n = 20	-1,2 [-7,8;0,9]	1,9 [0,5;3,2]	< 0,001	0,8
	BT n = 19	-1,5 [-4,9;0,5]	1,5 [-0,7;2,1]	0,001	0,7
	SG n = 20	0,3 [-2,3;1,3]	1,5 [0,0;2,4]	0,037	0,5
	KG n = 18	-0,4 [-1,5;0,5]	0,7 [-1,1;2,3]	0,002	0,7
Z-Score Error					
Gruppe n = 77	VR n = 20	-2,2 [-10,4;1,6]	2,4 [-0,1;4,0]	< 0,001	0,8
	BT n = 19	-1,2 [-7,5;1,5]	1,8 [-1,6;3,1]	0,064	
	SG n = 20	0,1 [-3,2;1,8]	0,9 [-2,6;3,6]	0,433	
	KG n = 18	0,6 [-3,5;2,8]	1,1 [-2,9;3,8]	0,231	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe				

Abbildung 38 Clip Applying Gesamt-Z-Score Denkstile

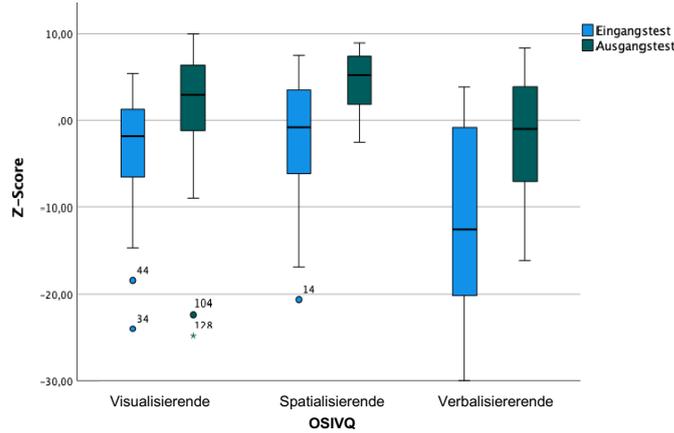


Abbildung 39 Clip Applying Z-Score Economics Denkstile

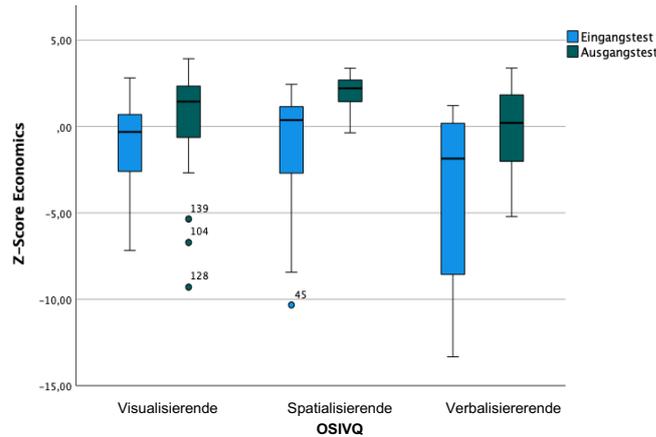


Abbildung 40 Clip Applying Z-Score Error Denkstile

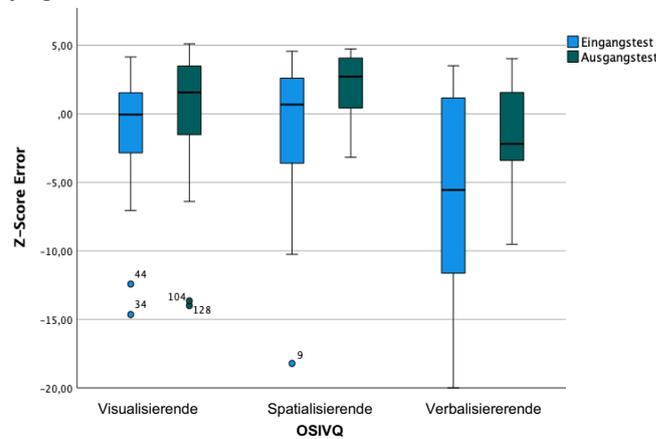


Tabelle 15 Clip Applying Z-Score Denkstile

Denkstil		Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
OSIVQ n = 73	VISU n = 36	-1,8 [-6,6;1,2]	2,8 [-1,2;6,4]	0,002	0,5
	SPAT n = 24	-0,8 [-6,2;3,4]	5,2 [1,7;7,4]	< 0,001	0,7
	VERB n = 13	-12,5 [-20,2;-0,8]	-1,0 [-7,1;3,9]	0,013	0,7
Z-Score Economics					
OSIVQ n = 73	VISU n = 36	-0,3 [-2,6;0,7]	1,4 [-0,6;2,4]	< 0,001	0,6
	SPAT n = 24	0,4 [-2,7;1,2]	2,2 [1,5;2,7]	< 0,001	0,8
	VERB n = 13	-1,9 [-8,6;0,2]	0,2 [-2,0;1,8]	0,016	0,7
Z-Score Error					
OSIVQ n = 73	VISU n = 36	-0,1 [-2,8;1,5]	1,6 [-1,5;3,5]	0,044	0,3
	SPAT n = 24	0,7 [-3,6;2,6]	2,7 [0,4;4,1]	0,008	0,5
	VERB n = 13	-5,6 [-11,6;1,2]	-2,2 [-3,4;1,6]	0,055	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende				

Ergebnisse

Abbildung 41 Clip Applying Gesamt-Z-Score Mediantest Eingangstest

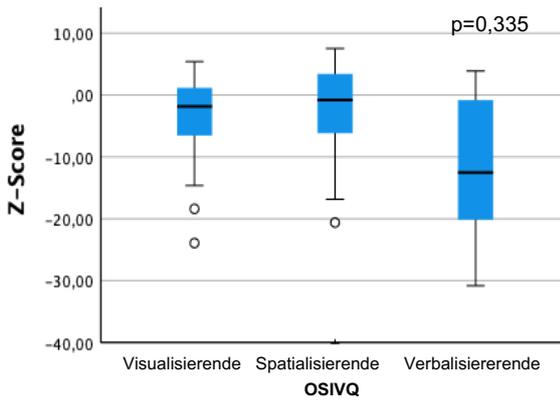


Abbildung 42 Clip Applying Gesamt-Z-Score Mediantest Ausgangstest

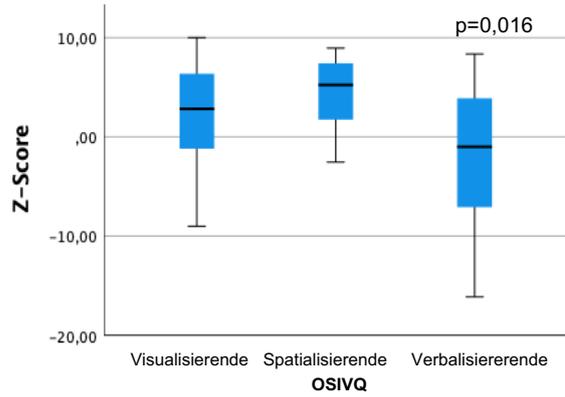


Tabelle 16 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,071
VERB – SPAT	0,010
VISU – SPAT	0,114

Abkürzung: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Abbildung 43 Clip Applying Z-Score Economics Mediantest Eingangstest

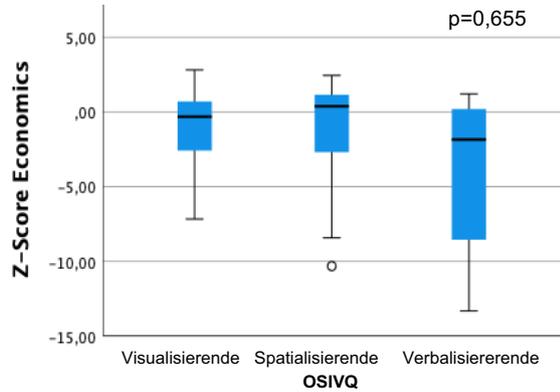


Abbildung 44 Clip Applying Z-Score Economics Mediantest Ausgangstest

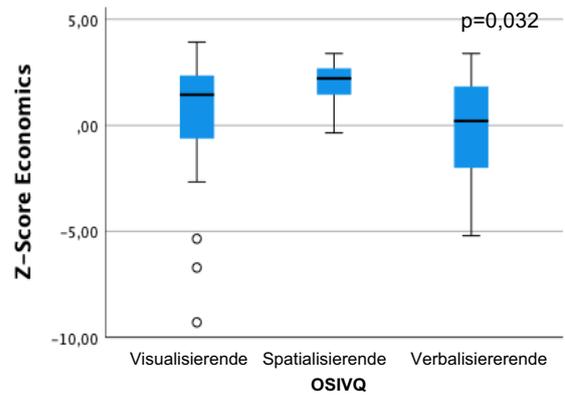


Tabelle 17 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,071
VERB – SPAT	0,010
VISU – SPAT	0,035

Abkürzung: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Abbildung 45 Clip Applying Z-Score Error Mediantest Eingangstest

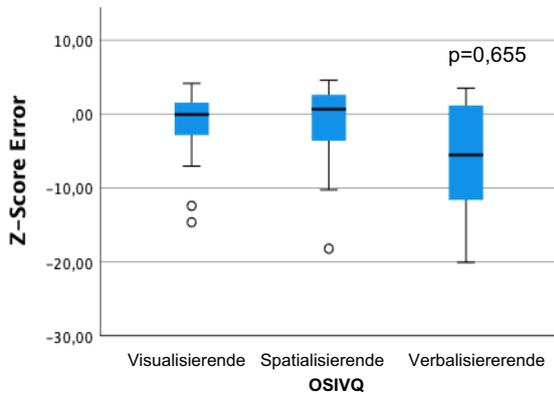


Abbildung 46 Clip Applying Z-Score Error Mediantest Ausgangstest

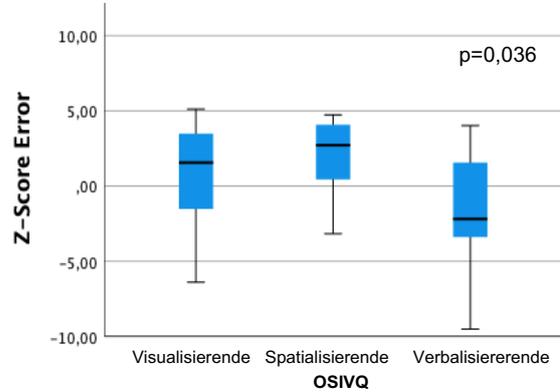


Tabelle 18 Mediantest Denkstile

Denkstil – Denkstil	Signifikanz
VERB – VISU	0,071
VERB – SPAT	0,010
VISU – SPAT	0,292

Abkürzung: VERB = Verbalisierende, VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende

Ergebnisse

Tabelle 19 Clip Applying Z-Scores Subgruppen

Gruppe n = 73	OSIVQ n = 73	Eingangstest Md [IQR]	Ausgangstest Md [IQR]	p	Effekt- stärke
Gesamt-Z-Score					
VR n = 20	VISU n = 7	-1,4 [-5,2;1,2]	3,2 [2,8;8,0]	0,028	0,8
	SPAT n = 7	-1,8 [-20,6;2,8]	5,2 [3,9;8,5]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-18,8 [-27,0;-12,5]	1,6 [-0,9;6,2]	0,028	0,9
BT n = 15	VISU n = 7	-6,3 [-23,9;1,1]	-0,9 [-3,9;4,7]	0,310	
	SPAT n = 6	-3,6 [-5,2;1,1]	3,7 [1,9;6,1]	0,116	
	VERB n = 2	-15,8 [-30,8;-0,8]	5,0 [-3,9;6,5]	0,180	
SG n = 20	VISU n = 9	-1,8 [-2,7;2,6]	4,3 [-0,6;6,6]	0,173	
	SPAT n = 7	3,0 [-6,1;6,1]	5,2 [0,3;7,1]	0,310	
	VERB n = 4	-4,0 [-11,8;-0,6]	-4,4 [-7,4;-1,6]	0,465	
KG n = 18	VISU n = 13	-1,4 [-3,7;0,7]	0,5 [-0,8;5,5]	0,046	0,6
	SPAT n = 4	-1,1 [-4,3;2,1]	7,0 [3,9;7,8]	0,068	
	VERB n = 1	3,1 [3,1;3,1]	-7,9 [-16,1;-1,1]	0,317	
Z-Score Economics					
VR n = 20	VISU n = 7	0,3 [-2,2;1,0]	1,7 [0,1;3,2]	0,063	
	SPAT n = 7	-0,9 [-8,4;0,8]	2,6 [1,2;3,4]	0,018	0,9
	VERB n = 6	-4,5 [-13,3;-0,5]	1,4 [-0,4;2,9]	0,075	
BT n = 15	VISU n = 7	-1,5 [-5,9;0,5]	1,4 [-2,7;1,7]	0,237	
	SPAT n = 6	-0,8 [-3,2;0,8]	2,0 [0,7;2,3]	0,046	0,8
	VERB n = 2	-4,8 [-8,6;-1,0]	1,7 [-1,7;2,6]	0,180	
SG n = 20	VISU n = 9	0,1 [-1,8;0,9]	1,6 [1,2;2,5]	0,260	
	SPAT n = 7	1,2 [-2,2;2,0]	2,0 [1,5;2,6]	0,091	
	VERB n = 4	-1,1 [-6,5;0,3]	-1,2 [-1,9;0,0]	0,465	
KG n = 18	VISU n = 13	-1,0 [-2,3;0,2]	0,6 [-0,7;2,0]	0,016	0,7
	SPAT n = 4	0,1 [-1,0;1,2]	2,4 [0,9;2,8]	0,068	
	VERB n = 1	0,4 [0,4;0,4]	-3,2 [-5,2;0,8]	0,317	
Z-Score-Error					
VR n = 20	VISU n = 7	-1,0 [-2,3;1,7]	2,6 [-0,5;5,0]	0,091	
	SPAT n = 7	-1,9 [-10,3;3,4]	2,5 [1,9;4,5]	0,028	0,8
	VERB n = 6	-11,1 [-14,5;-9,4]	0,6 [-2,2;2,4]	0,046	0,8
BT n = 15	VISU n = 7	-1,2 [-14,6;0,9]	0,1 [-2,7;2,3]	0,499	
	SPAT n = 6	-0,6 [-3,2;1,5]	1,8 [-0,4;2,9]	0,345	
	VERB n = 2	-9,5 [-20,1;1,2]	3,0 [-2,2;3,1]	0,180	
SG n = 20	VISU n = 9	-0,0 [-1,9;0,8]	2,4 [-0,9;3,5]	0,214	
	SPAT n = 7	1,4 [-3,0;4,6]	3,2 [-2,8;4,1]	1,00	
	VERB n = 4	-2,5 [-5,3;0,6]	-3,5 [-5,5;-1,9]	0,715	
KG n = 18	VISU n = 13	0,1 [-1,7;1,8]	1,5 [-2,0;2,9]	0,422	
	SPAT n = 4	-1,2 [-3,8;1,9]	4,3 [2,4;4,7]	0,068	
	VERB n = 1	2,9 [2,9;2,9]	-3,2 [-9,5;2,5]	0,317	
Abkürzungen	n = Anzahl; Md = Median; IQR = Interquartilsabstand; OSIVQ = Object-Spatial Imagery and Verbal Questionnaire; VISU = Visualisierende; SPAT = Spatialisierende; VERB = Verbalisierende VR = VR-Simulator; BT = Boxtrainer; SG = Serious Game; KG = Kontrollgruppe				

4.3 Lernkurven der Interventionsgruppen

4.3.1 Virtual Reality - Simulator

Am VR „LapSim“ trainierten die Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer die Übungen „Peg Transfer“, „Lifting and Grasping“, „Pattern Cutting“, „Seal and Cut“ und „Cutting“. Die *Abbildungen 47 bis 51* und die *Tabellen 20 bis 24* zeigen die Lernkurven zu den Übungen. Im Anhang befinden sich die vollständigen Tabellen.

Die Übung „Peg Transfer“ schafften alle 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der vorgegebenen Trainingszeit von insgesamt vier Stunden mindestens 9-mal zu wiederholen. Eine der Probandinnen oder Probanden schaffte es in diesem Zeitraum die Übung bis zu 25-mal zu absolvieren. Die Gesamtzeit aller Probandinnen und Probanden für die Übung verminderte sich von 257,2 s (= M, SD = $\pm 76,7$ s) auf 139,1 s (= M, SD = $\pm 33,2$ s) nach 9 Wiederholungen. Die Probandin oder der Proband, welche oder welcher die 25 Wiederholungen absolvierte, erreichte eine Gesamtzeit für die Übung von 79,6 s.

Auch „Lifting and Grasping“ konnte von allen Probandinnen und Probanden der Interventionsgruppe mindestens 9-mal wiederholt werden. Eine Probandin oder ein Proband konnte die Übung 24-mal durchführen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer starteten mit 205,6 s (= M, SD = $\pm 70,9$ s), erreichten nach 9 Wiederholungen eine Gesamtzeit von 87,6 s (= M, SD = $\pm 27,0$ s). Die Studentin oder der Student, die „Lifting and Grasping“ 24-mal wiederholte, erzielte eine Zeit von 80,9 s.

Die Übung „Pattern Cutting“ konnte von allen Studentinnen und Studenten der VR-Simulator-Gruppe mindestens 9-mal in der gesamten Trainingszeit trainiert werden. Eine Teilnehmerin oder Teilnehmer schaffte in der gleichen Trainingszeit 24 Wiederholungen. Die Gesamtzeit für „Seal and Cut“ der gesamten Interventionsgruppe reduzierte sich von anfänglichen 294,6 s (= M, SD = $\pm 119,3$ s) auf 106,5 s (= M, SD = $\pm 39,0$ s) nach 9 Wiederholungen. Während die Probandin oder der Proband nach 24 Wiederholungen eine Gesamtzeit von 70,6 s erreichte.

Die Übung „Seal and Cut“ konnten alle Studentinnen und Studenten zwei Mal vollständig abschließen. Eine Studentin oder Student hingegen konnte die Übung 19-mal absolvieren. Die Gesamtzeit von 350,6 s (= M, SD = $\pm 150,6$ s) konnte bereits nach dem zweiten Durchgang auf 304,5 s (= M, SD = $\pm 142,4$ s) reduziert werden. Nach 19 Wiederholungen erzielte die Probandin oder der Proband eine Zeit von 124,5 s.

Während eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer die Übung „Cutting“ 25-mal durchführte, konnten insgesamt 8 Durchgänge von allen 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmer absolviert werden. Nach diesen 8 Durchgängen konnte die Gesamtzeit von 160,5 s (= M, SD = $\pm 57,2$ s) auf 91,8 s (= M, SD = $\pm 25,8$ s) vermindert werden. 46,5 s war die Zeit, die die Probandin oder der Proband nach den 25 Durchgängen erreichen konnte.

Die häufigen Wiederholungen der Übungen wurden mit Ausnahme der Übung „Seal and Cut“ immer durch die gleiche Probandin bzw. durch den gleichen Probanden erreicht.

Abbildung 47 Lernkurve Peg Transfer

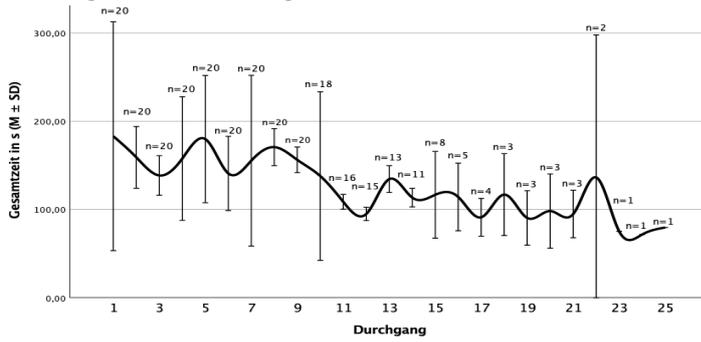


Tabelle 20 Lernkurve Peg Transfer

Peg Transfer	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	257,2 (±76,7)
...	...
9 (n = 20)	139,1 (±33,2)
...	...
25 (n = 1)	79,6

Abbildung 48 Lernkurve Lifting and Grasping

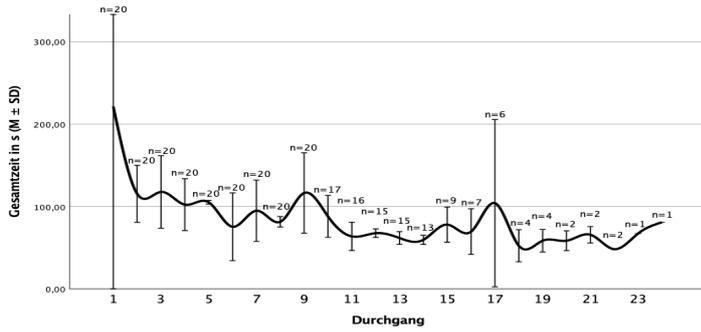


Tabelle 21 Lernkurve Lifting and Grasping

Lifting and Grasping	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	205,6 (±70,9)
...	...
9 (n = 20)	87,6 (±27,0)
...	...
24 (n = 1)	80,9

Abbildung 49 Lernkurve Pattern Cutting

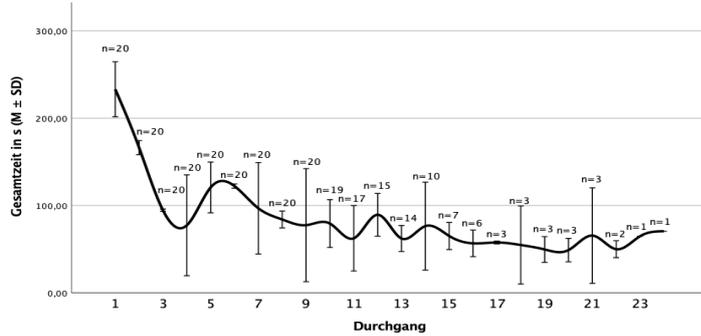


Tabelle 22 Lernkurve Pattern Cutting

Pattern Cutting	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	294,6 (±119,3)
...	...
9 (n = 20)	106,5 (±39,0)
...	...
24 (n = 1)	70,6

Abbildung 50 Lernkurve Seal and Cut

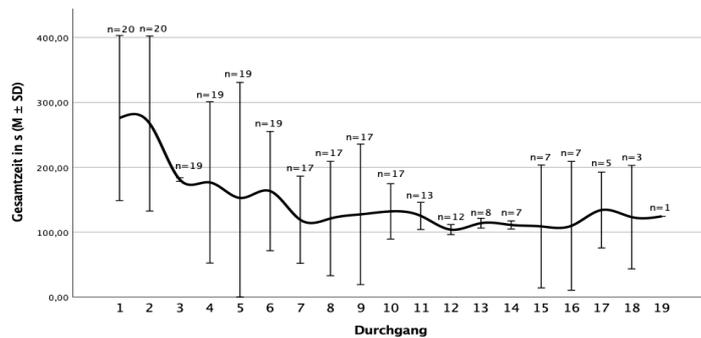


Tabelle 23 Lernkurve Seal and Cut

Seal and Cut	
Durchgang	Zeit in s MD (SD)
1 (n = 20)	350,6 (±150,6)
...	...
2 (n = 20)	304,5 (±142,4)
...	...
19 (n = 1)	124,5

Abbildung 51 Lernkurve Cutting

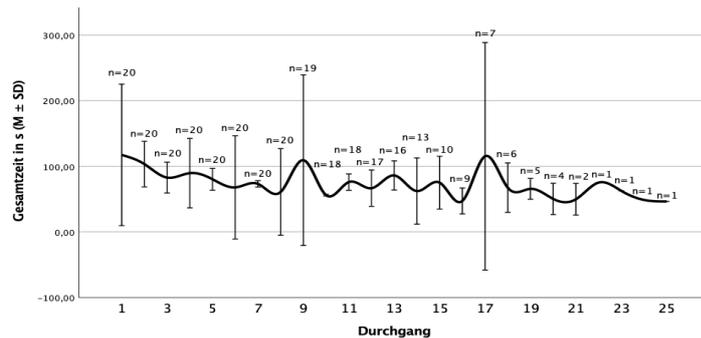


Tabelle 24 Lernkurve Cutting

Cutting	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	160,5 (±57,2)
...	...
8 (n = 20)	91,8 (±25,8)
...	...
25 (n = 1)	46,5

4.3.2 Boxtrainer

Am Boxtrainer „Toolbox“ absolvierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Übungen „Koffer packen“, „Webrahmen“, „Gummitwist“ und „Dreiecksschnitt“. Die *Abbildungen 52 bis 55* und die *Tabellen 25 bis 28* zeigen die Lernkurven. Die vollständigen Tabellen zu den Lernkurven befinden sich im Anhang.

Bei „Koffer packen“ absolvierten alle 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Interventionsgruppe in der ersten Trainingseinheit 13 Wiederholungen, wobei eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer es schaffte die Übung in der Trainingszeit 19-mal zu absolvieren. Die Probandinnen und Probanden starteten mit einer Zeit von 4:31 min (= M, SD = ± 49 s) und erreichten nach 13 Wiederholungen eine Zeit von 2:20 min (= M, SD = ± 15 s). Nach 19 Wiederholungen erreichte die Studentin oder der Student eine Zeit von 1:58 min. Die niedrigste Gesamtzeit war 1:28 min.

Die Übung „Webrahmen“ konnte von allen 20 Probandinnen und Probanden in der vorgegebenen Trainingszeit mindestens 10-mal wiederholt werden, wobei einer der Trainierenden in der Trainingseinheit bis zu 26 Wiederholungen absolvieren konnte. Die Anfangszeit von 3:40 min (= M, SD = ± 45 s) konnte nach 10 Durchläufen auf 2:09 min (= M, SD = ± 36 s) reduziert werden. Nach 26 Wiederholungen erzielte die Probandin oder der Proband eine Zeit von 1:00 min und erreichte damit einmalig die von „Lübecker Toolbox“ vorgegebene Zielzeit.

„Gummitwist“ konnte mindestens 13-mal von allen Probandinnen und Probanden in der vorgegebenen Trainingszeit erfolgreich absolviert werden. Während im ersten Durchlauf 4:09 min (= M; SD = ± 53 s) benötigt wurden, um die Übung abzuschließen, wurden nach 13 Wiederholungen 2:23 min (= M, SD = ± 21 s) benötigt. Eine Probandin oder ein Proband konnte 22 Durchläufe in der Trainingszeit absolvieren und erreichte eine Zeit von 1:42 min. Die niedrigste Gesamtzeit, die erreicht wurde, war 1:37 min.

Die Übung „Dreiecksschnitt“ konnte von einer Probandin oder einem Probanden nach 21 Wiederholungen mit einer Zeit von 1:25 min absolviert werden. Insgesamt starteten die 20 Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit einer Zeit von 5:10 min (= M, SD = ± 97 s) und erreichten nach 10 Wiederholungen, welche alle Probandinnen und Probanden in der vorgegebenen Trainingseinheit mindestens erreichten, eine Zeit von 2:38 min (= M, SD = ± 52 s). Die niedrigste Zeit, um die Übung zu absolvieren, war 1:00 min.

Ergebnisse

Abbildung 52 Lernkurve Koffer packen

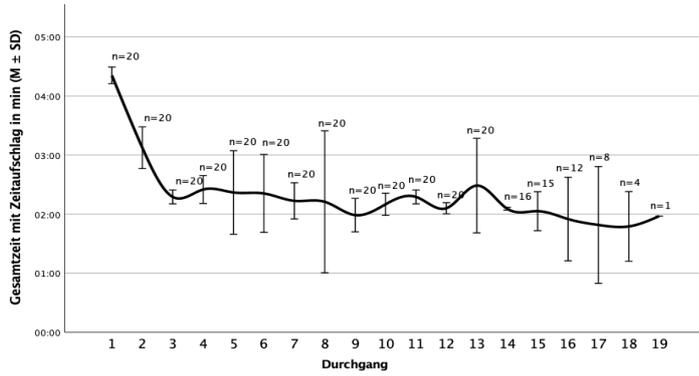


Tabelle 25 Lernkurve Koffer packen

Koffer packen	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	04:31 (±00:49)
...	...
13 (n = 20)	02:20 (±00:15)
...	...
19 (n=1)	01:58

Abbildung 53 Lernkurve Webrahmen

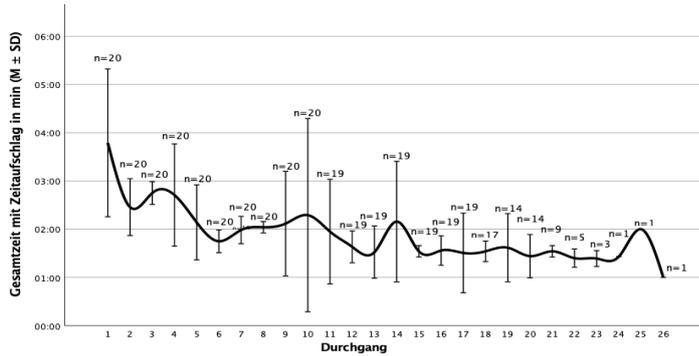


Tabelle 26 Lernkurve Webrahmen

Webrahmen	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	03:40 (±00:45)
...	...
10 (n = 20)	02:09 (±00:36)
...	...
26 (n = 1)	01:00

Abbildung 54 Lernkurve Gummitwist

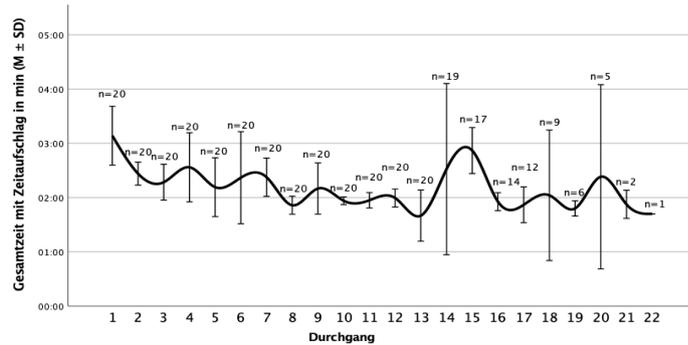


Tabelle 27 Lernkurve Gummitwist

Gummitwist	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	04:09 (±00:53)
...	...
13 (n = 20)	02:23 (±00:21)
...	...
22 (n = 1)	01:42

Abbildung 55 Lernkurve Dreiecksschnitt

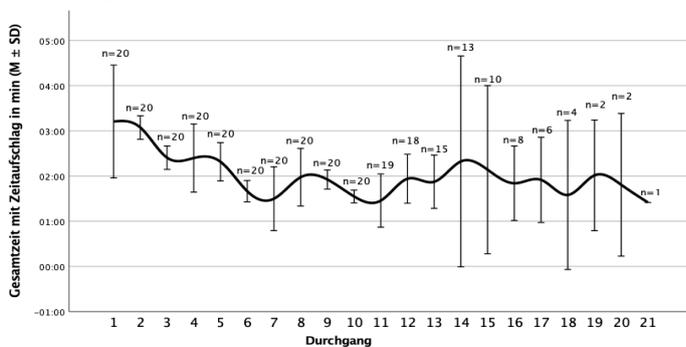


Tabelle 28 Lernkurve Dreiecksschnitt

Dreiecksschnitt	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	05:10 (±01:37)
...	...
10 (n = 20)	02:38 (±00:52)
...	...
21 (n = 1)	01:25

4.3.3 Serious Game

Die ersten drei Welten des Serious Game „Underground“ heißen „Ice Theme“, „Volcanic Theme“ und „Magma Theme“. Die ersten beiden Themes setzen sich aus den Leveln 1 bis 5 und einem Boss Level zusammen. Das „Magma Theme“ besteht aus den Leveln 1 bis 5. Darauf folgen weitere Themes, welche jedoch durch die Probandinnen und Probanden unserer Studie in der vierstündigen Trainingszeit nicht erreicht wurden.

Dokumentiert wurde das zuletzt nach dem vierstündigen Training erfolgreich absolvierte Level, damit die Probandin oder der Proband im darauffolgenden Training dort weiteranknüpfen konnte. Außerdem wurden die Zeiten der Level 2 bis 5 sowie Boss-Level im „Ice Theme“, welche zu Beginn des vierstündigen Trainings und auch nach dem vierstündigen Training erreicht werden konnten, dokumentiert. Das Level 1 des Themes wurde nicht dokumentiert, da es zur allgemeinen Orientierung bzgl. der Graphik und des Handlings der Instrumente vor Spielbeginn dienen sollte.

Alle Probandinnen und Probanden verbesserten sich vom Trainingstag 1 bis 4 in den Leveln 2 bis 5 sowie dem Boss-Level und halbierten in den Leveln 2 bis 4 ihre Gesamtzeit (siehe auch *Tabelle 29*).

Tabelle 29 Lernkurven Serious Game

Ice Theme Level	Trainingstag 1 Mittelwert (SD)	Trainingstag 4 Mittelwert (SD)
2 n = 20	3:16 min (±00:49 min)	1:09 min (±00:34 min)
3 n = 20	4:24 min (±01:14 min)	2:04 min (±00:33 min)
4 n = 20	9:36 min (±03:35 min)	3:18 min (±01:23 min)
5 n = 20	7:22 min (±02:18 min)	4:14 min (±00:57 min)
Boss n = 20	6:16 min (±01:54 min)	3:52 min (±00:48 min)

Alle 20 Probandinnen und Probanden der Serious Game-Gruppe schlossen erfolgreich die Level des „Ice Theme“ ab und absolvierten auch die Level bis einschließlich des Level 4 im „Volcanic Theme“. Während jeweils 6 Probandinnen und Probanden noch die Level 5 und Boss Level im „Volcanic Theme“ abschlossen, konnten jeweils eine Probandin oder ein Proband im „Magma Theme“ die Level 1, 3 und 4 noch erfolgreich abschließen.

4.4 Evaluation

Alle 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Interventionsgruppen evaluierten nach dem Training ihre eigene Trainingsmodalität.

Insgesamt stieg nach dem Training das Interesse am Fach Chirurgie bei allen 60 Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Während vor dem Training das Interesse anhand einer 5-Punkte-Likert-Skala (1 = sehr hoch, 5 = sehr niedrig) im Mittelwert mit 2,0 (SD = $\pm 0,9$) bewertet wurde, stieg das Interesse nach dem Training leicht (M = 1,9, SD = $\pm 1,9$). Das Interesse stieg dabei in allen Interventionsgruppen.

Außerdem entschieden sich unter allen Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwei dazu doch Chirurgin oder Chirurg werden zu wollen (Gesamt vor dem Training: n = 24 (40%), Gesamt nach dem Training: n = 26 (43%)), wobei jeweils eine Probandin oder Proband aus der Gruppe, welche am VR und am BT trainierten, stammten. Eine weitere Probandin bzw. ein weiterer Proband (aus der Interventionsgruppe VR) gab zusätzlich ein „weiß nicht“ an (Gesamt vor dem Training: n = 23 (38%), Gesamt nach dem Training: n = 24 (40%)) an.

In der SG-Gruppe änderte eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer ihre bzw. seine Meinung und war sich nach dem Training nicht mehr sicher, ob sie Viszeralchirurgin oder -chirurg werden möchte, obwohl er oder sie dies vor dem Training bejahte. In der VR-Gruppe hingegen bejahte eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer nach der Studie die Frage Viszeralchirurgin oder Viszeralchirurg werden zu wollen, obwohl er sich vor dem Training noch unsicher diesbezüglich war.

Nachdem sich vor dem Training 46 von 60 (77%) aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Interventionsgruppen eine Assistenz bei einer laparoskopischen Operation zutrauten, trauten sich dies nach dem Training 53 von 80 (88%) Probandinnen und Probanden zu. Dabei kam es zu einem Anstieg in den Gruppen, die am VR (vor dem Training: n = 14 (70%), nach dem Training: n = 18 (90%)) und am BT (vor dem Training: n=13 (65%), nach dem Training: n = 18 (90%)) trainierten, während das Zutrauen in eine laparoskopische Assistenz in der SG-Gruppe abnahm (vor dem Training: n = 19 (95%), nach dem Training: n = 17 (85%)).

Die These, ob die Trainingsmodalität die laparoskopischen Fertigkeiten grundsätzlich fördert, wurde von der BT-Gruppe auf einer 5-Punkte-Likert Skala (1 = stimme gar nicht zu, 5 = stimme voll zu) am höchsten bewertet (M = 4,9, SD = $\pm 0,3$), gefolgt von der Interventionsgruppe, die am VR trainierte (M = 4,8, SD = $\pm 0,9$). Die Förderung laparoskopischer Fähigkeiten durch das SG wurde niedriger bewertet (M = 3,1, SD = $\pm 1,3$).

Tabelle 30 Evaluation

Merkmal	Gesamt		Interventionsgruppe VR		Interventionsgruppe BT		Interventionsgruppe SG	
	Vor dem Training	Nach dem Training	Vor dem Training	Nach dem Training	Vor dem Training	Nach dem Training	Vor dem Training	Nach dem Training
n	60	60	20	20	20	20	20	20
Interesse Chirurgie (1 = sehr hoch, 5 = sehr niedrig) M (SD)	2,0 (±0,9)	1,9 (±1,1)	1,9 (±1,0)	1,6 (±0,9)	2,5 (±1,4)	2,3 (±1,3)	1,8 (±0,9)	1,8 (±1,0)
Möchte Chirurgin oder Chirurg werden								
• ja n (%)	24 (40%)	26 (43%)	9 (45%)	10 (50%)	6 (30%)	7 (35%)	9 (45%)	9 (45%)
• nein n (%)	13 (22%)	10 (17%)	5 (25%)	3 (15%)	6 (30%)	5 (25%)	2 (10%)	2 (10%)
• weiß nicht n (%)	23 (38%)	24 (40%)	6 (30%)	7 (35%)	8 (40%)	8 (40%)	9 (45%)	9 (45%)
Möchte Viszeralchirurgin oder Viszeralchirurg werden								
• ja n (%)	5 (8%)	5 (8%)	2 (10%)	3 (15%)	1 (5%)	1 (5%)	2 (10%)	1 (5%)
• nein n (%)	16 (27%)	16 (27%)	6 (30%)	6 (30%)	7 (35%)	7 (35%)	3 (15%)	3 (15%)
• weiß nicht n (%)	39 (65%)	39 (65%)	12 (60%)	11 (55%)	12 (60%)	12 (60%)	15 (75%)	16 (80%)
Zutrauen einer Assistenz bei einer laparoskopischen Operation								
• ja n (%)	46 (77%)	53 (88%)	14 (70%)	18 (90%)	13 (65%)	18 (90%)	19 (95%)	17 (85%)
• nein n (%)	14 (23%)	7 (12%)	6 (30%)	2 (10%)	7 (35%)	2 (10%)	1 (5%)	3 (15%)

Die Anwenderfreundlichkeit, welche anhand des Fragebogens „System Usability Scale“ bewertet wurde, ergab nach Bangor et al. (Bangor et al., 2008) für den BT (M = 86,9, SD = ±12,1) und für den VR (M = 80,5, SD = ±10,0) eine gute Akzeptanz. Während das SG als nicht akzeptabel bewertet wurde (M = 42,5, SD = ±17,6).

Unter Bemerkungen kritisierten die Probandinnen und Probanden am VR das Fehlen des haptischen Feedbacks sowie das Gefühl, das die Steuerung verzögert sei oder die Griffe feststeckten bzw. die Instrumente schlecht drehbar seien. Außerdem seien die Instrumente teilweise unpräzise und die Graphik manchmal „schwierig“. Nichtsdestotrotz sei der Simulator „cool“.

Am BT wurden die „schlechte Befestigung der Trokare“ kritisiert, welche zum Klemmen der Instrumente führen und damit das Handling unnötig kompliziert mache, sodass beispielsweise die Ecken des Boxtrainers schlecht erreicht werden könnten. Außerdem habe Probandinnen und Probanden das Erreichen der Zielzeiten im Rahmen dieses Curriculums gestört. Dies habe dazu geführt, dass beim Bearbeiten der Aufgaben oft an die Zeit gedacht wurde zum Nachteil der feinmotorischen Fertigkeiten an der Toolbox. Trotz der Kritik sei „die Toolbox super, um laparoskopischer Fähigkeiten zu verbessern“ und mache Spaß, sodass Teilnehmerinnen und Teilnehmer „gerne noch öfter“ an dem BT arbeiten würden.

Auch das SG sei eine „super Idee“ und habe Spaß gemacht. Jedoch gaben die Probandinnen und Probanden an, dass die Controller zu ungenau und unpräzise seien, was zu häufigen sprunghaften Bewegungen der Bedienungsarme führe und damit eher „wenig feinmotorisch“ sei. Auch die „verwirrende Kameraführung“ wurde beanstandet, sodass beispielsweise das

Zoomen nicht einfach sei. Weiterhin wurde die ungenaue, teilweise paradoxe Steuerung vor allem in den hinteren Bereichen oder an den Rändern sowie die Tiefenwahrnehmung kritisiert. Demnach sei die Übersetzung der Bewegungen sehr schlecht und für den Spielenden „sehr anstrengend“. Schließlich seien auch die Bewegungen im SG „ganz anders als beim VR-Simulator“. Die fehlende Orientierung bzw. nicht ausreichenden Arbeitsanweisungen im Serious Game würden das Lernen zusätzlich erschweren. Neben diesen technischen Fehlern, sei außerdem das Gestell zum Spielen „klapprig“. Schließlich gab eine Probandin oder ein Proband an, dass sich die Übung an der Wii wie „Zeitverschwendung“ anfühle.

Tabelle 31 Auswertung der Antworten auf der System Usability Scale (SUS)

Fragen (1 = stimme gar nicht zu; 5 = stimme voll zu) M (SD)	VR n=20	BT n=20	SG n=20
Ich kann mir sehr gut vorstellen, das Trainingssystem regelmäßig zu nutzen.	4,4 (±1,0)	4,2 (±1,2)	1,7 (±1,1)
Ich empfinde das Trainingssystem als unnötig komplex.	1,3 (±0,6)	1,2 (±0,5)	2,8 (±1,7)
Ich empfinde das Trainingssystem als einfach zu nutzen.	4,2 (±0,7)	4,2 (±0,8)	2,2 (±1,2)
Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um das Trainingssystem zu nutzen.	2,2 (±1,2)	1,4 (±0,8)	2,2 (±1,2)
Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Trainingssystems gut integriert sind.	4,2 (±0,8)	4,6 (±0,5)	2,5 (±1,0)
Ich finde, dass es im Trainingssystem zu viele Inkonsistenzen gibt.	2,3 (±1,1)	1,6 (±0,7)	4,0 (±1,9)
Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute das Trainingssystem schnell zu beherrschen lernen.	4,3 (±0,6)	4,4 (±0,8)	2,9 (±1,3)
Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.	1,4 (±0,5)	1,3 (±0,8)	4,1 (±1,0)
Ich habe mich bei der Nutzung des Trainingssystems sehr sicher gefühlt.	4,5 (±0,7)	4,3 (±0,9)	3,0 (±1,2)
Ich musste eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem Trainingssystem arbeiten konnte.	2,3 (±1,5)	1,5 (±0,8)	2,2 (±1,4)
SUS-Gesamtwert (Wert zwischen 0-100) M (SD)	80,5 (±10,0)	86,9 (±12,1)	42,5 (±17,6)

5 Diskussion

Da sowohl personelle als auch zeitliche Ressourcen aufgrund des wirtschaftlichen Drucks in den Krankenhäusern begrenzt sind (Thomaschewski et al., 2020) und auch ethische Aspekte ein Erlernen operativer Fertigkeiten von unerfahrenen Assistenzärztinnen und Assistenzärzten im Operationssaal an echten Patienten in Frage stellen (Votanopoulos et al., 2008, Nickel et al., 2015), gewinnt die simulationsbasierte Ausbildung immer mehr an Bedeutung. Dass die chirurgische Simulation grundsätzlich wirksam ist und dass das Training von Chirurginnen und Chirurgen jeder Weiterbildungsstufe außerhalb des Operationssaals die Lernkurve nachweislich verkürzt, zeigten u.a. Nagendran et al. (Nagendran et al., 2013, Nagendran et al., 2014). Doch trotz der zunehmenden Verfügbarkeit von Laparoskopiesimulatoren in Deutschland und damit der zunehmenden Möglichkeit auf diese Ressource zurückzugreifen, werde diese weiterhin auf freiwilliger Basis deutlich zu wenig genutzt (Huber et al., 2023). Um jedoch das volle Potential der Ressource und Investition der laparoskopischen Simulatoren zu nutzen, müsse „ein standortspezifisches strukturiertes Weiterbildungskonzept, in dem weiterbildungsstufengerechtes Simulationstraining mit entsprechender Einteilung im Operationssaal eng miteinander verzahnt werden“, geschaffen werden (Huber et al., 2023).

Am Ende einer Publikation schreiben Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011), dass sich das Simulationstraining letztendlich durchsetzen werde und es nicht als Bildungskonzept bewiesen oder widerlegt werden müsse, sondern es vielmehr zu einer Schlussfolgerung über die effektivsten, effizientesten und akzeptabelsten Möglichkeiten des Einsatzes von Simulatoren in Lernsysteme gelangen müsse. Doch wie genau sollte sich das Simulationstraining gestalten, damit es für jede bzw. jeden Weiterbildungsassistentin oder Weiterbildungsassistenten möglichst effizient ist und die Ressource der laparoskopischen Simulation optimal genutzt wird?

Welcher der derzeit verfügbaren laparoskopischen Simulatoren (VR-Simulatoren, Boxtrainer, Serious Games) erreicht hierbei die größten Trainingseffekte und sind die Fähigkeiten einer Trainingsmodalität auf ein anderes Medium oder gar in den Operationssaal übertragbar?

Gibt es individuelle Präferenzen bezüglich der Auswahl eines Simulators? So scheinen Chirurginnen und Chirurgen insgesamt besser in Tests für visuospatiale Fähigkeiten abzuschneiden (Risucci, 2002), wobei diese Fähigkeiten wiederum mit einer besseren chirurgischen Leistungen korrelieren (Hassan et al., 2007, Mathias et al., 2020). Profitiert dieser Denkstil des Spatialisierers mehr von einem Simulator wie von einem anderen? Und von welcher Trainingsmodalität ziehen die anderen Denkstile den größten Nutzen? Und sind darüber hinaus alle Denkstile gleichermaßen in der Lage einen Skill Transfer zu leisten?

Die Ergebnisse unserer Studie versuchen Antworten auf diese Fragen zu finden und können erste Tendenzen für eine zukünftige optimale Gestaltung des individuell angepassten Simulationstrainings geben.

5.1 Trainingseffekte und Skill Transfer

5.1.1 Trainingseffekte der Trainingsmodalitäten

5.1.1.1 Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien

Für den VR-Simulator (Grantcharov et al., 2003, Aggarwal et al., 2006, Larsen et al., 2006, Gurusamy et al., 2009, Larsen et al., 2009, Nagendran et al., 2013, Alaker et al., 2016) und auch für den Boxtrainer (Nagendran et al., 2014, Malik et al., 2015, Laubert et al., 2018a) wurden unabhängig voneinander in multiplen Studien die Wirksamkeit des Trainings und eine Verkürzung der Lernkurve belegt. Ferner konnte eine Übertragbarkeit in den Operationssaal nachgewiesen werden. Multiple Studien konnten auch für Videospiele im Allgemeinen (Bokhari et al., 2010, Giannotti et al., 2013, Middleton et al., 2013) sowie für das Serious Game „Underground“ im Speziellen Verbesserungen der laparoskopischen Fähigkeiten nachweisen (Overtoom et al., 2017, Harrington et al., 2018). Dem gegenüber stehen diverse Arbeiten, welche die positiven Auswirkungen des früheren Computer- oder Konsolenspiels auf die chirurgische Leistung entweder nur als begrenzt oder ohne schlüssige Korrelation ansehen (Wouters et al., 2009, Jalink et al., 2014b, Glassman et al., 2016).

Neben dem bestätigten Transfer von Fähigkeiten vom VR-Simulator und Boxtrainer in den Operationssaal (Sroka et al., 2010, Palter and Grantcharov, 2014), wurde auch der Transfer von Fähigkeiten vom Serious Game auf den VR-Simulator festgestellt (Jgosse et al., 2018). Der Transfer von Fähigkeiten vom Serious Game auf den Boxtrainer wurde hingegen unterschiedlich bewertet (Jalink et al., 2014a, Jgosse et al., 2018), sodass auch die Frage bezüglich des Transfers von Fähigkeiten des Serious Game in den Operationssaal offenbliebe. Auch Studien hinsichtlich der Übertragbarkeit und Überlegenheit zwischen Boxtrainer und VR-Simulator zeigten unterschiedliche Ergebnisse (Youngblood et al., 2005, Carter et al., 2005, Sutherland et al., 2006, Gurusamy et al., 2009).

Zusammenfassend konnten alle Probandinnen und Probanden der Interventionsgruppen zwischen Eingangs- und Ausgangstest signifikante Verbesserungen am VR-Simulator erzielen, wobei auch die Kontrollgruppe in allen Tests signifikante Verbesserungen aufweisen konnte. Bei den komplexeren Übungen („Fine Dissection“, „Clip Applying“) erreichte die Kontrollgruppe jedoch tendenziell schlechtere Endergebnisse als die Interventionsgruppen. Insbesondere hinsichtlich des ergonomischen Arbeitens konnten die Interventionsgruppen durch ihre Trainingseinheiten bessere Endergebnisse in allen Tests erreichen und heben sich damit von der Kontrollgruppe ab, sodass sich daraus schließen lässt, dass alle Probandinnen und Probanden, durch ihr Training am VR-Simulator, am Boxtrainer und im Serious Game ihre laparoskopischen Fähigkeiten verbessern und die erworbenen Skills auf den VR-Simulator übertragen können.

Die in den obengenannten Studien nachgewiesene grundsätzliche Wirksamkeit des laparoskopischen Trainings anhand der drei Trainingsmodalitäten können wir damit auch anhand unserer Ergebnisse bestätigen. Und auch den Skill Transfer der laparoskopischen Fähigkeiten vom Boxtrainer und Serious Game auf den VR-Simulator können wir anhand unserer Daten aufzeigen. Ein Transfer der Fähigkeiten vom Serious Game auf den Boxtrainer wurde hingegen in Studien unterschiedlich bewertet (Jalink et al., 2014a, Jgosse et al., 2018) und kann auch anhand unserer Daten weder bestätigt noch abgelehnt werden, da das Studiendesign dies grundsätzlich nicht hergibt.

Tendenziell erzielten die Probandinnen und Probanden, die am VR-Simulator und Boxtrainer trainierten, stärkere Effektstärken und bessere Endergebnisse am VR-Simulator (insbesondere bei den komplexeren Übungen) im Vergleich zur Serious Game-Gruppe. Dies korreliert mit den Ergebnissen von Overtoom et al. (Overtoom et al., 2017), die aus ihrer Studie schlussfolgern, dass die Trainingseffektivität von Serious Games noch nicht das gleiche Niveau erreicht habe wie VR-Simulatoren oder Boxtrainer. Dahingehend stellt sich auch die Frage, ob ein alleiniges Training des Serious Game für Verbesserungen im Operationssaal ausreichen kann. Unser Studiendesign diente nicht dazu einen Skill Transfer in den Operationssaal nachzuweisen, dennoch können die tendenziell schwächeren Verbesserungen am VR-Simulator nach einem Trainieren des Serious Games darauf hinweisen, dass die Trainingseffekte des Serious Game für eine Verbesserung der intraoperativen Leistungen nicht ausreichen.

5.1.1.2 Mögliche Gründe für die Studienergebnisse und Verbesserungsvorschläge

Dass die VR-Simulator-Gruppe generell besser abschließt als die anderen beiden Interventionsgruppen, bezogen wir darauf, dass die Probandinnen und Probanden, die am VR-Simulator trainierten, generelle Vorteile durch das gewohnte Arbeiten an eben diesem in den Tests hatten, wohingegen sich die Interventionsgruppen, die am Boxtrainer und an der Armatur des Serious Games trainierten, in den Tests auf eine andere Haptik der Instrumente des VR-Simulators einstellen mussten. Für die Probandinnen und Probanden der Boxtrainer-Gruppe könnte außerdem das Fehlen des haptischen Feedbacks, an welches sie sich beim Training am Boxtrainer jedoch möglicherweise schon gewohnt hatten, eine zusätzliche Herausforderung darstellen. Laut Overtoom et al. (Overtoom et al., 2019) sei das Fehlen des haptischen Feedbacks jedoch bei Basisübungen, wie sie in unserer Studie durchgeführt wurden, eher weniger ausgeprägt.

Die Probandinnen und Probanden, die das Serious Game trainierten, kritisierten wie in 4.4 *Evaluation* beschrieben unter anderem die unpräzisen Controller, eine verwirrende Kameraführung und eine paradoxe Tiefenwahrnehmung. All die genannten technischen

Probleme hindern die Spielerinnen und Spieler mehr oder weniger an einem ungestörten Absolvieren des Serious Games und damit auch am Erlernen von laparoskopischen Fertigkeiten, was unter anderem das schlechtere Abschneiden der Gruppe im Endergebnis erklären könnte.

Diese Inkonsistenzen spiegelten sich auch in der System Usability Scale wider. Während der VR-Simulator und Boxtrainer mit einer guten Akzeptanz hinsichtlich Anwenderfreundlichkeit bewertet wurden, wurde das Serious Game von den Probandinnen und Probanden unserer Studie als nicht akzeptabel bewertet. Auch Studien von Harrington et al. (Harrington et al., 2018) und Overtoom et al. (Overtoom et al., 2017) kritisierten die im vorigen Absatz genannten Punkte, sodass wir Ihnen dahingehend zustimmen, dass das Spiel in mehreren technischen Aspekten verbessert werden muss.

Overtoom et al. (Overtoom et al., 2017) fordern außerdem eine Ergänzung des Serious Games um ein gutes Punktesystem. Denn obwohl im Allgemeinen ein unüberwachtes Training als eher unzureichend gilt (Halvorsen et al., 2011), ist die Ressource des klinischen Feedbacks durch eine Ausbilderin oder einen Ausbilder im klinischen Alltag generell begrenzt (Palter, 2011, Bonrath et al., 2013). So bietet der VR-Simulator und in begrenztem Maße auch der Boxtrainer der Anwenderin oder dem Anwender unter anderem anhand von Zeiten und Fehlern ein objektives Feedback der persönlichen Leistung, während die Spielerinnen und Spieler im Serious Game lediglich Level für Level ohne jegliches Feedback spielen. Laut van Dongen et al. (van Dongen et al., 2008) führe das Fehlen von validierten Zielvorgaben (wie auch im Serious Game „Underground“) zu einer raschen Frustration, sodass in der Konsequenz kein regelmäßiges Training erfolge. So gab auch eine Probandin oder ein Proband unserer Studie an, dass das Spielen des Serious Games „sehr anstrengend“ oder gar „Zeitverschwendung“ sei.

Während wie im vorigen Absatz beschrieben, das Vorhandensein von Zielvorgaben im Allgemeinen erwünscht ist, empfanden die Probandinnen und Probanden, die am Boxtrainer trainierten, die Kenntnis und Dokumentation der Zielzeiten für die jeweiligen Module im Rahmen dieser Studie als störend. In dem Zuge sei man bei dem Versuch die Zielzeiten zu erreichen hektisch geworden und habe dann das feinmotorische Arbeiten vernachlässigt. Da der VR-Simulator hingegen noch viele weitere Parameter auch hinsichtlich der Präzision und Fehler dokumentiert, wird dem einen Riegel vorgeschoben und es werden gezielt sowohl die Zeit als auch das feinmotorische Arbeiten präzisiert.

Auch das Fehlen von standardisierten Übungsinhalten führe zu einer zunehmenden Frustration (van Dongen et al., 2008). So kritisierten die Probandinnen und Probanden der Serious Game-Gruppe eine gewisse Orientierungslosigkeit und unzureichende Arbeitsanweisungen im Spiel, sodass Ihnen nicht immer klar war, wie sie die Roboter aus der

Unterwelt navigieren sollten, wodurch das Lernen gezielter laparoskopischer Fertigkeiten vermutlich zusätzlich behindert wurde. Der VR-Simulator und Boxtrainer bieten dem Trainierenden hingegen durch das repetitive Wiedergeben von standardisierten Videos gezielte Arbeitsanweisungen und ermöglichen zeitgleich selbstständig auf kritische Teile einer Trainingsaufgabe aufmerksam zu werden (Laubert et al., 2018a).

Auch wenn Harrington et al. (Harrington et al., 2018) das Serious Game trotz der Inkonsistenzen aufgrund der günstigeren Kosten und der Verfügbarkeit im häuslichen Umfeld als sinnvolle Ergänzung zu den etablierten Simulatoren sieht, sehen wir den Nutzen und die Integration des Serious Games, in dem Format wie es aktuell angeboten wird, kritisch. Da die Ressource der laparoskopischen Simulation unter anderem aufgrund des Zeitmangels der Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten ohnehin unzureichend genutzt wird (Chang et al., 2007), sollte die verbliebene Übungszeit optimal genutzt werden. Die Nutzung eines Serious Game, welches sowohl in unserer Studie als auch in anderen Studien in der Nutzung bemängelt wurde oder gar zu Desinteresse führte und darüber hinaus zu schwächeren Trainingseffekten im Vergleich zu den anderen beiden etablierten Trainingsmodalitäten führte, scheint hier nur bedingt sinnvoll.

Die Idee, dass Videospiele ansprechender als die herkömmliche digitale Lernumgebung sein sollen und so die Motivation und das Engagement der Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten verstärken (Lorenz et al., 2015), scheint grundsätzlich einleuchtend, doch in Bezug auf das Serious Game „Underground“ nicht zutreffend. So gaben die Probandinnen und Probanden unserer Studie an, dass sie sich weniger vorstellen können, dass Videospiele regelmäßig zu spielen. Dies zeigte auch die Studie von Harrington et al. (Harrington et al., 2018), sodass wir eine freiwillige Nutzung im häuslichen Umfeld aufgrund des fehlenden Vergnügens unter den aktuellen Bedingungen als kritisch sehen.

Hingegen unseren Erwartungen, dass die Studentinnen und Studenten möglicherweise das Serious Game oder auch die abstrakteren Übungen des VR-Simulators oder Boxtrainers für unrealistisch und realitätsfern erklären, fand dies nicht statt. Lediglich die „schwierige Grafik“ am VR-Simulator sowie die sprunghaften Bewegungen der Bedienungsarme, welche zu einer paradoxen Steuerung und Tiefenwahrnehmung im Serious Game führten, wurden kritisiert. So scheint bei den Probandinnen und Probanden unserer Studie der Nutzen der Trainingsmodalitäten, die Instrumente bzw. Controller ähnlich wie in einer realen Laparoskopie zu bewegen, zu überwiegen, unabhängig davon, welche Übungen durchgeführt wurden. Bereits in früheren Studien wurde der Ansatz des Realismus oder der physikalischen Treue widerlegt (Jgosse et al., 2018) und eine Verbesserung der laparoskopischen Leistungen durch abstraktere Übungen bestätigt (Sturm et al., 2008, Spiliotis et al., 2020). Da auch wir anhand unserer Daten eine grundsätzliche Verbesserung der laparoskopischen Fähigkeiten am VR-

Simulator nach dem Trainieren von abstrakteren Übungen am Boxtrainer und Serious Game aufzeigen konnten, lehnen wir das Statement (Rosenberg et al., 2005), dass die äußerst realistische Simulation der Laparoskopie die einzige Möglichkeit sei um laparoskopische Fähigkeiten zu erwerben, ab und unterstützen stattdessen die These von Overtoom et al. (Overtoom et al., 2017), dass grundsätzlich der Nutzen einer Modalität höher zu bewerten ist als der Realismus.

In den Scores für Error bzw. Fehler und auch teilweise in den Scores für Economics bzw. ergonomisches Arbeiten fanden sich deutlich weniger signifikante Verbesserungen, wohingegen in den Gesamt-Z-Scores deutlich mehr Signifikanzen nachgewiesen wurden. Dies bezogen wir darauf, dass während generell für den VR-Simulator eine Konstruktvalidität belegt werden konnte, jedoch hinsichtlich der Angabe der Bewegungsökonomie bzw. des ergonomischen Arbeitens und Fehlerwerte einige Inkonsistenzen aufgewiesen wurden (Duffy et al., 2005, Eriksen and Grantcharov, 2005, Langelotz et al., 2005, Sherman et al., 2005, Aggarwal et al., 2006, Larsen et al., 2006, van Dongen et al., 2007, Kundhal and Grantcharov, 2009). So muss, wie auch Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011) es bereits vorschlug, erst noch definiert werden, welche Leistungsparameter das Fähigkeitsniveau genau bestimmen.

Das in unserer Studie auch die Kontrollgruppe zwischen Eingangs- und Ausgangstest (wenn auch mit schlechteren Endergebnissen im Vergleich zu den Interventionsgruppen) signifikante Ergebnisse aufweisen konnte, könnte möglicherweise an der im Vergleich zu den anderen Interventionsgruppen hohen Anzahl an Visualisierenden ($n=13$) liegen, wobei die Literatur eher Korrelationen zwischen dem räumlichen Denkstil, also den Spatialisierenden, mit den chirurgischen Leistungen sieht (Hassan et al., 2007, Vajsbaher et al., 2018). Dies soll jedoch im folgenden Kapitel weiter erläutert werden.

5.1.2 Denkstil

Studien konnten Korrelationen zwischen verschiedenen kognitiven Denkstilen und der laparoskopischen Leistungen am Boxtrainer sowie im Operationssaal herausarbeiten (Diesen et al., 2011, Laubert et al., 2018b, Mathias et al., 2020). Dabei sei insbesondere das räumliche Vorstellungsvermögen, also der Denkstiltyp der Spatialisierenden, ein wichtiger Faktor für die Vorhersage der Fähigkeiten von Chirurginnen und Chirurgen (Keehner et al., 2004, Vajsbaher et al., 2018) und führe insbesondere bei Anfängern zu besseren Leistungen (Hassan et al., 2007). Auch Keehner et al. bestätigen stärkere Korrelationen von räumlichen kognitiven Fähigkeiten mit den chirurgischen Leistungen insbesondere bei Personen mit geringerer Erfahrung (Keehner et al., 2004). Diese Korrelationen seien insbesondere bei komplexeren Aufgaben stärker (Hedman et al., 2006).

Eine Korrelation von besseren laparoskopischen Leistungen mit dem Denkstiltyp des Spatialisierenden kristallisierte sich auch in unserer Studie heraus. So erreichten die Spatialisierenden in allen Übungen sowohl im Eingangstest als auch im Ausgangstest die besten Ergebnisse (mit Ausnahme von Grasping – Z-Score Error). Der Denkstiltyp des Verbalisierenden hingegen schnitt in allen Übungen sowohl im Eingangs- als auch im Ausgangstest am schlechtesten ab (mit Ausnahme von Fine Dissection – Z-Score Economics – Ausgangstest).

Zusätzlich konnten wir anhand der Ergebnisse unserer Studie, ähnlich zu den Ergebnissen von Hedman et al. (Hedman et al., 2006), eine stärkere Korrelation bei komplexeren Aufgaben feststellen. So zeichnete sich der Denkstil des Spatialisierenden in der anspruchsvolleren Aufgabe „Clip Applying“ tendenziell durch bessere Endergebnisse und höhere Effektstärken im Verhältnis zu den weniger komplexen Tests aus.

Während Mathias et al. (Mathias et al., 2020) und Blazhenkova et al. (Blazhenkova and Kozhevnikov, 2009) Korrelationen zwischen Leistungen am Boxtrainer und Tests für kognitive Fähigkeiten (Mosaik-Test und Test für medizinische Studiengänge) bzw. Korrelationen der Denkstile mit weiteren bereits existierenden Tests zur visuellen und räumlichen Vorstellungskraft aufzeichneten, schnitten die Probandinnen und Probanden in unserer Studie im Titmus-Test und Schlauchfiguren-Test alle tendenziell ähnlich ab, sodass wir hier keinen Unterschied feststellen konnten. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass bei den Probandinnen und Probanden unserer Kohorte die Schlauchfiguren aus dem Test für Medizinische Studiengänge sowie auch der Titmus-Test im Rahmen des augenärztlichen Praktikums im Studium der Humanmedizin bereits bekannt waren.

Hinsichtlich der Fragestellung, ob gewisse Denkstiltypen Präferenzen bezüglich eines Simulators haben oder aber auch ob jedem Denkstiltyp ein Skill transfer gleichermaßen gelingt, gibt es bislang noch keinerlei Daten.

Alle Probanden unabhängig vom Denkstil konnten sich im Gesamt-Z-Score zwischen dem Eingangs- und Ausgangstest durch das Training am VR-Simulator signifikant verbessern (mit Ausnahme von Fine-Dissection – VR-Simulator – Visualisierende). Betrachtet man nun die einzelnen Übungen, so zeigt sich, dass während bei der leichteren Übung „Grasping“ und schwereren Übung "Fine Dissection" auch die Visualisierenden und Spatialisierenden der anderen Interventionsgruppen noch teilweise signifikante Verbesserungen zwischen den Eingangs- und Ausgangstest erreichen konnten, bei der komplexeren Übung „Clip Applying“ keine der anderen Interventionsgruppen mehr signifikante Verbesserungen erzielen konnte. Grundsätzlich konnte über alle Denkstile der Interventionsgruppen gezeigt werden, dass wenn signifikante Verbesserungen erreicht wurden, die Effektstärken höher waren als die der Kontrollgruppe, was wiederum ein Nachweis dafür ist, dass das laparoskopische

Simulationstraining mittels Boxtrainer und Serious Game grundsätzlich wirksam ist und es bestätigt außerdem den Skill Transfer der Boxtrainer-Gruppe und Serious Game-Gruppe auf den VR-Simulator.

Auffällig ist, dass die Visualisierenden der Kontrollgruppe durchgängig im Gesamt-Z-Score aller Tests signifikante Verbesserungen aufweisen konnten, während sonst nur die Probanden der VR-Simulator-Gruppe (unabhängig vom Denkstil) signifikante Verbesserungen aufweisen konnten. Bezogen auf den Gesamt-Z-Score sämtlicher Tests erzielten Visualisierende und Spatialisierende in unserer Studie etwa gleich häufig signifikante Verbesserungen (Visualisierende: acht signifikante p-Werte im Gesamt-Z-Score, Spatialisierende: sechs signifikante p-Werte im Gesamt-Z-Score). Im vorigen Abschnitt wurde bereits unsere Vermutung angestellt, dass das im Verhältnis zu den Interventionsgruppen gute Abschneiden der Kontrollgruppe möglicherweise mit der hohen Anzahl an Visualisierenden ($n=13$) zusammenhängen könnte. Hingegen zeigten multiple Studien, dass eher der Denkstil des Spatialisierenden und damit das räumliche Vorstellungsvermögen mit verbesserten laparoskopischen Fähigkeiten korreliert. Das im Verhältnis zu den Interventionsgruppen gute Abschneiden der Kontrollgruppe bei einer hohen Anzahl an Visualisierenden in dieser Gruppe sowie das insgesamt häufige Erreichen von signifikanten Verbesserungen durch Visualisierende im Verhältnis zu Spatialisierenden, könnte möglicherweise einen größeren Einfluss des Denkstiltyps des Visualisierenden auf die laparoskopischen Fähigkeiten andeuten als bisher angenommen. Dies sollte in weiteren Studien untersucht werden. So sehen wir den Ansatz von Luursema et al. (Luursema et al., 2012b) das visuelle und räumliche Vorstellungsvermögen als visuospatiale Fähigkeiten zusammenzufassen und diese Fähigkeiten im Simulationstraining mit verbesserten laparoskopischen Leistungen zu korrelieren, als sinnvoll an.

Ein weiterer möglicher Grund des guten Abschneidens der Kontrollgruppe bei einer hohen Anzahl an Visualisierenden, könnten auch die in Studien (Grantcharov and Funch-Jensen, 2009, Paschold et al., 2011, Paschold et al., 2013) identifizierten unterschiedlichen Leistungsniveaus von Anfängern in VR-Laparoskopie sein. So existiert ein Typ, der insgesamt vier identifizierten Typen, der von Anfang an gute laparoskopische Leistungen erbringt. Möglicherweise ist dieser Typ, welcher auch ohne Training gute laparoskopische Leistungen im Hinblick auf die in unserer Studie durchgeführten einfacheren laparoskopischen Manöver erbringen kann, in der Kontrollgruppe unserer Studie überrepräsentiert. Etwaige Screening-Parameter zur initialen Identifizierung dieser „Anfänger-Typen“ gibt es nicht, sodass wir dies nicht belegen oder im Studiendesign berücksichtigen können. Hinsichtlich einer möglichen Korrelation der unterschiedlichen Typen an Laparoskopie-Leistungsniveaus bei Anfängern mit den verschiedenen Denkstiltypen oder ob es diese Typen unabhängig vom Denkstil gibt, existieren keinerlei Daten.

In den Scores für Economics bzw. ergonomisches Arbeiten und Error bzw. Fehler zeigten sich, wie bereits im vorigen Abschnitt beschrieben, weniger Signifikanzen im Verhältnis zum Gesamt-Score, was vermutlich mit den bereits oben beschriebenen Inkonsistenzen seitens der Bewegungsökonomie bzw. des ergonomischen Arbeitens (wie Pfadlänge, Weglänge, Winkelweg) und Fehlerwerte (wie Gewebeschäden, Dehnungsschäden, schlecht platzierte Clips, Blutverlust) zusammenhängen könnte (Duffy et al., 2005, Eriksen and Grantcharov, 2005, Langelotz et al., 2005, Sherman et al., 2005, Aggarwal et al., 2006, Larsen et al., 2006, van Dongen et al., 2007, Kundhal and Grantcharov, 2009).

Insgesamt deuten unsere Daten darauf hin, dass zur Bewältigung einfacher laparoskopischer Übungen auf dem VR-Simulator der Skill Transfer vom Boxtrainer und Serious Game insbesondere für Visualisierende und Spatialisierende ausreicht, um signifikante Verbesserungen zu erzielen, für komplexere Aufgaben wie dem Anbringen von Clips oder Schneiden reicht dieser Skill Transfer jedoch nicht, sodass ein spezifischeres Training der Module am VR-Simulator-Simulator erforderlich ist. Diese Beobachtung befürwortet den Vorschlag von Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011), das chirurgische Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zunächst grundlegende Fähigkeiten an einem Boxtrainer (oder bei entsprechenden Verbesserungen auch am Serious Game) erlernen sollten, bevor eine Kombination aus traditionellem Training und Simulatortraining die Fertigkeiten aufrechterhalten sollen und durch komplexere Verfahren an VR-Simulatoren ergänzt werden sollen. Da die Verbalisierenden ausschließlich beim Training am VR-Simulator signifikante Verbesserungen erreichen konnten, deuten unsere Daten außerdem darauf hin, dass dieser Denkstilyp möglicherweise ausschließlich von einem Training am VR-Simulator profitiert und der Transfer von laparoskopischen Fähigkeiten vom Boxtrainer und Serious Game auf den VR-Simulator nicht geleistet werden kann.

Ob der Denkstilyp des Verbalisierenden jedoch durch ein intensiveres Training mittels Boxtrainer (oder auch Serious Games) – gegebenenfalls ergänzt durch Instruktionen einer erfahrenen Operateurin oder eines erfahrenen Operateurs – die Defizite ausgleichen kann und langfristig einen Skill Transfer auf den VR-Simulator ähnlich den Visualisierenden oder Spatialisierenden induzieren kann, ist bislang ungeklärt. Gegebenenfalls könnte für diesen Denkstil auch das Konzept des Proficiency based trainings vorteilhaft sein, bei dem Lernende erst durch das Nachweisen bestimmter Fähigkeiten und Fertigkeiten mit dem nächsten Level fortfahren können. Weitergehend stellt sich die Frage, inwiefern es diesem Denkstil, dem bereits ein Skill Transfer von einer Trainingsmodalität auf eine andere Trainingsmodalität schwerfällt, ein Skill Transfer in den Operationssaal gelingen kann.

Um gezielt Kandidatinnen und Kandidaten mit einem angeborenen visuell-räumlichen Vorstellungsvermögen und damit vermutlich besseren chirurgischen Leistungen für eine

chirurgische Ausbildung auszuwählen, haben Autoren (Hassan et al., 2007, Mathias et al., 2020) vorgeschlagen, die Bestimmung des kognitiven Stiltests gegebenenfalls in Kombination mit Tests für kognitive Fähigkeiten als Screeningsinstrument zu nutzen. Wir stimmen Mathias et al. (Mathias et al., 2020) zu, dass dieses Screening womöglich die Patientensicherheit erhöht und Fehler minimiert, jedoch ginge bei solch einem Screening der Aspekt des Individualismus und der Selbstverwirklichung hinsichtlich der Wahl der eigenen Facharztweiterbildung verloren. Davon abgesehen zeichnet sich in Deutschland in den letzten Jahren eher ein sich zuspitzendes Nachwuchsproblem in den chirurgischen Fachdisziplinen ab (Schneider et al., 2020), sodass fraglich ist, inwiefern ein zusätzliches Screening diese Situation verbessert. Es ist außerdem bereits lange bekannt (Shiffrin and Schneider, 1977, Ackerman, 1988), dass das Erlernen von Fertigkeiten mit zunehmender Erfahrung zusehends automatisiert, kognitiv weniger anspruchsvoll wird und sich damit die Rolle der Denkstile ändert. Somit ist bislang noch nicht eindeutig geklärt, ob die Unterschiede zwischen den verschiedenen Denkstilen nach mehreren Phasen des Lernens verschwinden oder nicht (Gallagher et al., 2003, Brunner et al., 2004). Vielmehr sollte jenen Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten – auch wenn der Gedanke sehr idealistisch ist – ein an ihrem individuellen Denkstil angepasstes und strukturiertes Simulationstraining angeboten werden, welches die individuellen Stärken fördert und Defizite ausgleicht. Doch um die geeigneten individuellen Trainingsmedien oder gar ganze Curricula einzelner Personengruppen zu definieren, sollte nicht nur der Denkstil anhand des etablierten OSIVQ-Fragebogens oder anderer Tests für kognitive Fähigkeiten berücksichtigt werden. Auch weitere Merkmale, wie beispielsweise die erwähnten vier verschiedenen Typen von Anfängern (Grantcharov and Funch-Jensen, 2009) sowie auch das Geschlecht (Paschold et al., 2013) sollten für die Auswahl eines Curriculums bedacht werden. Welche zusätzlichen Merkmale außerdem berücksichtigt werden sollten muss in weiteren Untersuchungen erläutert werden.

5.2 Limitierungen

Die Ergebnisse unserer Studie unterliegen einigen Limitierungen.

Es ergaben sich in der Auswertung der Denkstile an der jeweiligen Trainingsmodalität sehr kleine Subgruppen, sodass die Aussagekraft der Ergebnisse insbesondere bezüglich der Trainingseffektivität eingeschränkt ist. Um eine ausreichende Anzahl an Probandinnen und Probanden in den jeweiligen Subgruppen zu erreichen und die Präferenzen der Denkstile sowie auch weiterer Merkmale bezüglich einer Trainingsmodalität zu untersuchen, wäre es nötig, gezielt nach diesen Denkstilen zu stratifizieren und die Probandinnen und Probanden dann zu randomisieren.

Weiterhin trainierten die Probandinnen und Probanden unserer Studie zeitweise parallel in einem Raum, sodass es, obwohl die Studentinnen und Studenten im Raum soweit nur möglich separiert wurden, hier zu Ablenkungen gekommen sein könnte. Aus Studien (Feuerbacher et al., 2012) ist bekannt, dass Ablenkungen, sowohl visueller als auch optischer Natur, die intraoperative Leistungen beeinflussen. Um diesen Bias zu umgehen, sollte bei zukünftigen Studien gewährleistet sein, dass jede Teilnehmerin oder Teilnehmer möglichst ohne Ablenkung jeglicher Art trainieren kann. Bezogen auf unsere Daten ist es möglich, dass die Leistungen der Interventionsgruppen unterschätzt werden, da diese nicht in völliger Ungestörtheit und mit voller Konzentration Trainieren konnten.

Den Probandinnen und Probanden der VR-Simulatorgruppe, welche selbstständig an ihrem Simulator trainierten, wurde außerdem frei überlassen in welcher Reihenfolge sie ihre Übungen absolvieren, sie sollten jedoch eigenverantwortlich darauf achten jede Übung in etwa gleich häufig zu trainieren – schließlich trainieren Weiterbildungsassistentin und Weiterbildungsassistent im Simulationstraining auch eigenverantwortlich. Es kam jedoch im Rahmen unserer Studie dazu, dass es eine große Spanne an der Anzahl der vollständig absolvierten Durchgänge gab, da Teilnehmerinnen und Teilnehmer insbesondere komplexere Übungen, die sie nicht mochten, einfach übersprangen oder nicht vollständig absolvierten. Möglicherweise werden dadurch die Trainingseffektivität und die Leistung der VR-Simulatorgruppe unterschätzt. Dies zeigt, dass Curricula streng definiert werden müssen. So ermöglicht beispielsweise der VR-Simulator „LapSim“, dass erst ein bestimmtes Leistungsniveau erreicht werden muss, bevor mit der nächsten Übung fortgesetzt werden kann.

5.3 Zukunft der laparoskopischen Simulation

So wie das amerikanische FLS-Curriculum („Fundamentals of laparoscopic Surgery“) bereits seit 2008 eine Voraussetzung für die Anmeldung zur dortigen Facharztprüfung ist (Sroka et al., 2010), ist auch in Deutschland die Implementierung eines verpflichtenden und standardisierten laparoskopischen Curriculums in die Facharztweiterbildung für Viszeralchirurgie unausweichlich und eigentlich längst überfällig.

Mit der Vorgabe, dass zertifizierte Zentren für Minimalinvasive Chirurgie über mindestens einen Boxtrainer sowie nicht näher definierte monatliche Trainingseinheiten verfügen müssen, legte die Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie (DGAV) damit den Grundstein für flächendeckende Simulationsmöglichkeiten. Erste Weichen für ein Curriculum stellte außerdem die chirurgische Arbeitsgemeinschaft für Minimal-invasive Chirurgie (CAMIC) der DGAV, indem sie ein umfangreiches Ausbildungsprogramm, welches neben Basisfertigkeiten auch spezielle operative Fertigkeiten einschließt, entwickelte (Bittner et al., 2011). Allerdings mangelt es auch hier an der konkreten Umsetzung. Doch trotz der Sinnhaftigkeit der laparoskopischen Simulation, welche durch die in dieser Arbeit genannten Studien vollumfänglich bescheinigt wurde und durch die Ergebnisse unserer Studie bestätigt werden, ist eine zusätzliche Finanzierung der Weiterbildung z.B. um derartige Simulatoren anzuschaffen, nicht geplant. Die Integration von Weiterbildung in die Bemessungsgrundlage wurde auch in der aktuellen Stellungnahme der Regierungskommission nicht erwähnt (Stellungnahme der Regierungskommission des Bundesgesundheitsministeriums, 2022).

So liegt es in der Hand der chirurgischen Fachgesellschaften und nicht zuletzt auch an den Chefärztinnen und Chefarzten sowie Assistenzärztinnen und Assistenzärzten der Viszeralchirurgie sich für ein strukturiertes Weiterbildungskonzept, welches die laparoskopische Simulation einschließt, einzusetzen. Damit jedoch das laparoskopische Simulationstraining kosteneffizient umgesetzt werden kann, muss ermittelt werden, welche Fähigkeiten in welchem Zeitrahmen am effektivsten vermittelt werden können. Daher sollten und müssen Studien wie die unsere durchgeführt werden, um möglichst konkrete und individuell angepasste Curricula zu entwickeln und diese schließlich zu validieren und standardisieren. Es ist zu hoffen, dass sich die daraus ergebenden Ergebnisse als so handfest und unmissverständlich erweisen, dass Simulation als obligater Bestandteil in die chirurgische Facharztweiterbildung integriert, akzeptiert und auch als Arbeitszeit anerkannt wird.

Das Spektrum der verfügbaren Simulatoren ist breit und viele der genannten Simulatoren, Boxtrainer und auch Serious Games haben sich wie bereits mehrfach erwähnt unabhängig voneinander als nützlich erwiesen. Durch den Nachweis des Skill Transfers unter den Simulatoren und deren jeweilige Vor- und Nachteile, können sich diese innerhalb eines

Curriculums möglicherweise gegenseitig ergänzen und in die unterschiedlichen Weiterbildungsphasen der laparoskopischen Ausbildung integriert werden.

Wir unterstützen anhand der Ergebnisse unserer Studie den Vorschlag von Fairhurst et al. (Fairhurst et al., 2011), das chirurgische Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zunächst grundlegende Fähigkeiten an einem Boxtrainer erlernen sollten, bevor eine Kombination aus traditionellem Training und Simulatortraining die Fertigkeiten aufrechterhalten sollen. Wir sehen außerdem das Potenzial von Serious Games, welche jedoch aufgrund der aktuell bestehenden Inkonsistenzen, noch nicht das gleiche Niveau wie VR-Simulatoren und Boxtrainer erreichen (Overtoom et al., 2017).

Während die Entwickler von VR-Simulatoren diese mittels Upgrades und neuer Verfahren immer weiterentwickeln und neue Features wie haptisches Feedback oder VR-Headsets integrieren, um immersivere Szenarien zu kreieren, darf das Fortschreiten der technischen Entwicklung auch vor Serious Games keinen Halt machen. Denn die Entwicklung eines Serious Games, welches nachweislich und mit hohen Trainingseffekten die Entwicklung laparoskopischer Fertigkeiten auf spielerische Weise fördert und der Anwenderin oder dem Anwender ein direktes Feedback bezüglich Zeit, Präzision und Fehlern mitteilt, kann die Motivation und das Engagement der Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten ins Unermessliche steigern. So sehen wir, wie auch weitere Autoren (Giannotti et al., 2013, Overtoom et al., 2017, Harrington et al., 2018), dass Serious Games die Grundlage für ein Training laparoskopischer Simulation auf Spielkonsolen in der häuslichen Umgebung bilden können. Fraglich ist jedoch, ob zukünftige hochentwickelte Serious Game noch so kostengünstig erworben werden können, dass diese auch privat erworben und damit in der Freizeit genutzt werden können.

Doch für die Entwicklung eines möglichst effektiven und effizienten Curriculums sollten nicht nur die Simulatoren, Boxtrainer und Serious Games über optimale Voraussetzungen verfügen. So sollte neben der Weiterentwicklung der Simulatoren in zukünftigen Studien auch die Rolle der Denkstile weiter untersucht werden. Da es in unserer Studie Hinweise darauf gab, dass neben dem Denkstil des Spatialisierenden auch der Denkstil des Visualisierenden mit verbesserten laparoskopischen Fertigkeiten korreliert und dass Verbalisierende möglicherweise keinen Skill Transfer auf andere Trainingsmodalitäten leisten können, sollte dies unbedingt weiter beleuchtet werden. Gegebenenfalls ergeben sich aus diesen Untersuchungen für die verschiedenen Denkstile völlig unterschiedliche Empfehlungen, welche Trainingsmodalitäten verwendet und welches Curriculum absolviert werden sollte. Darauf aufbauend wäre sicherlich auch eine Untersuchung des Skill Transfers der Denkstile in den Operationssaal interessant. Dies ist bislang noch nicht erfolgt und wirft gegebenenfalls auch einige ethische Fragen auf, die sorgfältig abgewogen werden müssen. An der Stelle ist

auch die Idee von Mathias et al. (Mathias et al., 2020) interessant, Teilnehmerinnen und Teilnehmer auf bestimmte kognitive Stile zu trainieren und dann zu messen, wie sich dies auf ihre Leistungen in der Chirurgie auswirkt. So habe man in früheren Experimenten nachweisen können, dass ein solches Training effektiv sei und zu besseren Leistungen bei verschiedenen Aufgaben führen kann (Hegarty, 2004, Stull et al., 2016).

Die Etablierung eines standardisierten und validierten Simulationstrainings in die Facharztausbildung kommt nicht nur den Weiterbildungsassistentinnen und Weiterbildungsassistenten zugute, denn es erhöht letztlich auch die Patientensicherheit und kann Fehler minimieren, was das vorrangigste Ziel der Chirurgie sein sollte. Ein strukturiertes, etabliertes und anerkanntes Simulationstraining kann aber auch die Facharztweiterbildung auf Dauer aufwerten und langfristig das Interesse einer viszeralchirurgischen Facharztweiterbildung der angehenden Kolleginnen und Kollegen wiederherstellen und damit neuen Nachwuchs rekrutieren.

6 Zusammenfassung

Die minimalinvasive Chirurgie hat sich heute aufgrund verschiedenster Vorteile bei vielen chirurgischen Eingriffen als Standardtechnik etabliert, weshalb laparoskopische Fertigkeiten frühzeitig im Rahmen der Facharztweiterbildung erworben werden sollten. Aufgrund begrenzter personeller, zeitlicher und finanzieller Ressourcen rückt die laparoskopische Simulation in einer sicheren und kontrollierten Umgebung abseits des Patienten immer mehr in den Vordergrund. In multiplen Studien konnte eine Übertragung der in einer simulierten Umgebung erworbenen Fertigkeiten in den realen Operationssaal nachgewiesen werden. Dennoch ist ein standardisiertes Simulationstraining im Rahmen der Facharztweiterbildung weiterhin nicht Bestandteil der Weiterbildungsordnung in Deutschland und auch ein freiwilliges Training wird unzureichend angenommen. Im Rahmen von Studien wie dieser gilt es die Sinnhaftigkeit der Implementierung eines laparoskopischen Simulationscurriculums weiter zu belegen. So war ein Ziel der Studie die Trainingseffekte der derzeit verfügbaren laparoskopischen Simulatoren (VR-Simulator, Boxtrainer, Serious Game) zu untersuchen sowie den Skill Transfer, also die Übertragbarkeit der Fertigkeiten unter den Simulatoren, zu analysieren. Ein weiteres Ziel der Studie war die Korrelation kognitiver Fähigkeiten mit der laparoskopischen Leistung an den genannten Trainingsmodalitäten zu untersuchen. In der Literatur korreliert hierbei insbesondere der Denkstil des Spatialisierenden mit verbesserten laparoskopischen Leistungen.

Wir können mittels der Ergebnisse unserer Studie den Skill Transfer der laparoskopischen Fertigkeiten vom Boxtrainer und Serious Game auf den VR-Simulator belegen. Der Trainingseffekt des Serious Games zeigt sich dabei tendenziell schwächer als der des Boxtrainers. Das auch die Kontrollgruppe (ohne Training) signifikante Verbesserungen – jedoch mit schwächeren Trainingseffekten wie die Interventionsgruppen – erreichte, sahen wir als möglichen Hinweis darauf, dass auch der Denkstil des Visualisierenden, welcher in der Kohorte mehrheitlich vertreten war, mit verbesserten laparoskopischen Leistungen einhergeht. Unsere Studie zeigte jedoch auch, dass die Spatialisierenden die höchsten Trainingseffekte im Vergleich zu den anderen Denkstilen erzielten, sodass wir das tendenziell gute Abschneiden der Kontrollgruppe nicht abschließend erklären können.

Weiterhin ergab unsere Studie einen Hinweis darauf, dass nicht jeder Denkstil gleichermaßen dazu in der Lage ist, einen Skill Transfer zu induzieren. So konnten beispielsweise die Verbalisierenden ausschließlich von einem Training am VR-Simulator profitieren.

Aufgrund der insgesamt knappen Ressourcen sollte die laparoskopische Simulation möglichst effektiv und effizient, aber auch attraktiv gestaltet werden. So sollten bei der Wahl des Simulators bzw. bei der Erstellung eines Curriculums die unterschiedlichen Trainingseffekte der Simulatoren bedacht werden sowie der Hinweis, dass Denkstile mehr von dem Training

an einem Simulator profitieren wie von einem anderen, ernst genommen und in weiteren Studien untersucht werden.

7 Literaturverzeichnis

- ACKERMAN, P. L. 1988. Determinants of individual differences during skill acquisition: cognitive abilities and information processing. *Exp Psychol Gen*, 117, 288–318.
- AGGARWAL, R., GRANTCHAROV, T. P., ERIKSEN, J. R., BLIRUP, D., KRISTIANSEN, V. B., FUNCH-JENSEN, P. & DARZI, A. 2006. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. *Ann Surg*, 244, 310-4.
- AGGARWAL, R., WARD, J., BALASUNDARAM, I., SAINS, P., ATHANASIOU, T. & DARZI, A. 2007. Proving the effectiveness of virtual reality simulation for training in laparoscopic surgery. *Ann Surg*, 246, 771-9.
- AHLBERG, G., ENOCHSSON, L., GALLAGHER, A. G., HEDMAN, L., HOGMAN, C., MCCLUSKY, D. A., 3RD, RAMEL, S., SMITH, C. D. & ARVIDSSON, D. 2007. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. *Am J Surg*, 193, 797-804.
- AHMAD, G., O'FLYNN, H., DUFFY, J. M., PHILLIPS, K. & WATSON, A. 2012. Laparoscopic entry techniques. *Cochrane Database Syst Rev*, CD006583.
- AHMED, I. & PARASKEVA, P. 2011. A clinical review of single-incision laparoscopic surgery. *Surgeon*, 9, 341-51.
- AL-KADI, A. S., DONNON, T., ODDONE PAOLUCCI, E., MITCHELL, P., DEBRU, E. & CHURCH, N. 2012. The effect of simulation in improving students' performance in laparoscopic surgery: a meta-analysis. *Surg Endosc*, 26, 3215-24.
- ALAKER, M., WYNN, G. R. & ARULAMPALAM, T. 2016. Virtual reality training in laparoscopic surgery: A systematic review & meta-analysis. *Int J Surg*, 29, 85-94.
- ALKATOUT, I., STRUCK, S., PAPE, J. M., METTLER, L., MAASS, N., FREYTAG, D. & MECHLER, U. 2022. Geschichte der Laparoskopie - Meilensteine und Stimmen interviewter Zeitzeugen. *coloproctology*, 05.
- ARTS, E. E. A., LEIJTE, E., WITTEMAN, B. P. L., JAKIMOWICZ, J. J., VERHOEVEN, B. & BOTDEN, S. 2019. Face, Content, and Construct Validity of the Take-Home EoSim Augmented Reality Laparoscopy Simulator for Basic Laparoscopic Tasks. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 29, 1419-1426.
- ATABEKOGLU, C., SONMEZER, M., GUNGOR, M., AYTAC, R., ORTAC, F. & UNLU, C. 2004. Tissue trauma in abdominal and laparoscopic-assisted vaginal hysterectomy. *J Am Assoc Gynecol Laparosc*, 11, 467-72.
- BADURDEEN, S., ABDUL-SAMAD, O., STORY, G., WILSON, C., DOWN, S. & HARRIS, A. 2010. Nintendo Wii video-gaming ability predicts laparoscopic skill. *Surg Endosc*, 24, 1824-8.
- BALDWIN, T. T. & FORD, J. K. 1988. Transfer of Training - a Review and Directions for Future-Research. *Personnel Psychology*, 41, 63-105.
- BANGOR, A., KORTUM, P. T. & MILLER, J. T. 2008. An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24, 574–594.
- BERGERON, B. 2006. *Developing serious games*, Hingham Mass by Charles River Media.
- BERGUER, R., SMITH, W. D. & CHUNG, Y. H. 2001. Performing laparoscopic surgery is significantly more stressful for the surgeon than open surgery. *Surg Endosc*, 15, 1204-7.
- BILGIC, E., KANEVA, P., OKRAINEC, A., RITTER, E. M., SCHWAITZBERG, S. D. & VASSILIOU, M. C. 2018. Trends in the Fundamentals of Laparoscopic Surgery(R) (FLS) certification exam over the past 9 years. *Surg Endosc*, 32, 2101-2105.

- BITTNER, R., CARUS, T., KÖCKERLING, F., SCHWENK, W., STRICK, M. & WALZ, M. K. 2011. *CAMIC-Curriculum der Minimal Invasiven Chirurgie. Gegliederte Kursstruktur und deren Inhalte*. [Online]. [Accessed].
- BLAZHENKOVA, O. & KOZHEVNIKOV, M. 2009. The New Object-Spatial-Verbal Cognitive Style Model: Theory and Measurement. *Appl. Cognit. Psychol.*, 23, 638-663.
- BOKHARI, R., BOLLMAN-MCGREGOR, J., KAHOI, K., SMITH, M., FEINSTEIN, A. & FERRARA, J. 2010. Design, development, and validation of a take-home simulator for fundamental laparoscopic skills: using Nintendo Wii for surgical training. *Am Surg*, 76, 583-6.
- BONRATH, E. M., BUCKL, L., BRUWER, M., SENNINGER, N. & RIJCKEN, E. 2012. [Education in laparoscopic surgery: national survey on current strategies and relevance of simulation training]. *Zentralbl Chir*, 137, 160-4.
- BONRATH, E. M., FRITZ, M., MEES, S. T., WEBER, B. K., GRANTCHAROV, T. P., SENNINGER, N. & RIJCKEN, E. 2013. Laparoscopic simulation training: does timing impact the quality of skills acquisition? *Surg Endosc*, 27, 888-94.
- BOXER, P., GROVES, C. L. & DOCHERTY, M. 2015. Video Games Do Indeed Influence Children and Adolescents' Aggression, Prosocial Behavior, and Academic Performance: A Clearer Reading of Ferguson (2015). *Perspect Psychol Sci*, 10, 671-3.
- BROOKE, J. 1996. SUS - A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7.
- BRUNNER, W. C., KORNDORFFER, J. R., JR., SIERRA, R., MASSARWEH, N. N., DUNNE, J. B., YAU, C. L. & SCOTT, D. J. 2004. Laparoscopic virtual reality training: are 30 repetitions enough? *J Surg Res*, 122, 150-6.
- BUCKLEY, C. E., KAVANAGH, D. O., TRAYNOR, O. & NEARY, P. C. 2014. Is the skillset obtained in surgical simulation transferable to the operating theatre? *Am J Surg*, 207, 146-57.
- CARTER, F. J., SCHIJVEN, M. P., AGGARWAL, R., GRANTCHAROV, T., FRANCIS, N. K., HANNA, G. B., JAKIMOWICZ, J. J., WORK GROUP FOR, E., IMPLEMENTATION OF, S. & SKILLS TRAINING, P. 2005. Consensus guidelines for validation of virtual reality surgical simulators. *Surg Endosc*, 19, 1523-32.
- CHANG, L., PETROS, J., HESS, D. T., ROTONDI, C. & BABINEAU, T. J. 2007. Integrating simulation into a surgical residency program: is voluntary participation effective? *Surg Endosc*, 21, 418-21.
- CHAU, C. H., TANG, C. N., SIU, W. T., HA, J. P. & LI, M. K. 2002. Laparoscopic cholecystectomy versus open cholecystectomy in elderly patients with acute cholecystitis: retrospective study. *Hong Kong Med J*, 8, 394-9.
- DE RIBAUPIERRE, S., KAPRALOS, B., HAJI, F., STROULIA, E., DUBROWSKI, A. & EAGLESON, R. 2014. Healthcare Training Enhancement Through Virtual Reality and Serious Games. *Springer*.
- DE WIN, G., VAN BRUWAENE, S., DE RIDDER, D. & MISEREZ, M. 2013. The optimal frequency of endoscopic skill labs for training and skill retention on suturing: a randomized controlled trial. *J Surg Educ*, 70, 384-93.
- DE WIT-ZUURENDONK, L. D. & OEI, S. G. 2011. Serious gaming in women's health care. *BJOG*, 118 Suppl 3, 17-21.
- DIAN, D., RACK, B. & SCHINDLBECK, C. E. A. 2008. Endoskopische Hysterektomie. *Gynäk*, 41, 343-348.

- DIESEN, D. L., ERHUNMWUNSEE, L., BENNETT, K. M., BEN-DAVID, K., YURCISIN, B., CEPPA, E. P., OMOTOSHO, P. A., PEREZ, A. & PRYOR, A. 2011. Effectiveness of laparoscopic computer simulator versus usage of box trainer for endoscopic surgery training of novices. *J Surg Educ*, 68, 282-9.
- DIETZ, U. A., MENZEL, S., LOCK, J. & WIEGERING, A. 2018. The Treatment of Incisional Hernia. *Dtsch Arztebl Int*, 115, 31-37.
- DUFFY, A. J., HOGLE, N. J., MCCARTHY, H., LEW, J. I., EGAN, A., CHRISTOS, P. & FOWLER, D. L. 2005. Construct validity for the LAPSIM laparoscopic surgical simulator. *Surg Endosc*, 19, 401-5.
- ERIKSEN, J. R. & GRANTCHAROV, T. 2005. Objective assessment of laparoscopic skills using a virtual reality stimulator. *Surg Endosc*, 19, 1216-9.
- ESPOSITO, C., ESCOLINO, M., MIYANO, G., CAIONE, P., CHIARENZA, F., RICCIPIPETIONI, G., YAMATAKA, A., SAVANELLI, A., SETTIMI, A., VARLET, F., PATKOWSKI, D., CERULO, M., CASTAGNETTI, M., TILL, H., MAROTTA, R., LA MANNA, A. & VALLA, J. S. 2016. A comparison between laparoscopic and retroperitoneoscopic approach for partial nephrectomy in children with duplex kidney: a multicentric survey. *World J Urol*, 34, 939-48.
- FAIRHURST, K., STRICKLAND, A. & MADDERN, G. 2011. The LapSim virtual reality simulator: promising but not yet proven. *Surg Endosc*, 25, 343-55.
- FEUERBACHER, R. L., FUNK, K. H., SPIGHT, D. H., DIGGS, B. S. & HUNTER, J. G. 2012. Realistic distractions and interruptions that impair simulated surgical performance by novice surgeons. *Arch Surg*, 147, 1026-30.
- FRIED, G. M. 2008. FLS assessment of competency using simulated laparoscopic tasks. *J Gastrointest Surg*, 12, 210-2.
- FRIED, G. M., FELDMAN, L. S., VASSILIOU, M. C., FRASER, S. A., STANBRIDGE, D., GHITULESCU, G. & ANDREW, C. G. 2004. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. *Ann Surg*, 240, 518-25; discussion 525-8.
- GALLAGHER, A. G., COWIE, R., CROTHERS, I., JORDAN-BLACK, J. A. & SATAVA, R. M. 2003. PicSO: an objective test of perceptual skill that predicts laparoscopic technical skill in three initial studies of laparoscopic performance. *Surg Endosc*, 17, 1468-71.
- GALLAGHER, A. G. & O'SULLIVAN, G. C. 2012. *Fundamental of surgical simulation: principles and practise*. Springer, London.
- GIANNOTTI, D., PATRIZI, G., DI ROCCO, G., VESTRI, A. R., SEMPRONI, C. P., FIENGO, L., PONTONE, S., PALAZZINI, G. & REDLER, A. 2013. Play to become a surgeon: impact of Nintendo Wii training on laparoscopic skills. *PLoS One*, 8, e57372.
- GLASSMAN, D., YIASEMIDOU, M., ISHII, H., SOMANI, G. K., AHMED, K. & BIYANI, C. S. 2016. Effects of playing video games on laparoscopic skill performance: a systematic review. *J Endourol*, 30(2), 146-152.
- GORIS, J., JALINK, M. B. & TEN CATE HOEDEMAKER, H. O. 2014. Training basic laparoscopic skills using a custom-made video game. *Perspect Med Educ*, 3, 314-8.
- GRAAFLAND, M., BEMELMAN, W. A. & SCHIJVEN, M. P. 2015. Appraisal of face and content validity of a serious game improving situational awareness in surgical training. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 25, 43-9.
- GRAAFLAND, M. & SCHIJVEN, M. P. 2013. *A serious game to improve situation awareness in laparoscopic surgery*, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- GRAAFLAND, M., SCHRAAGEN, J. M. & SCHIJVEN, M. P. 2012. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *Br J Surg*, 99, 1322-30.

- GRANEK, J. A., GORBET, D. J. & SERGIO, L. E. 2010. Extensive video-game experience alters cortical networks for complex visuomotor transformations. *Cortex*, 46, 1165-77.
- GRANTCHAROV, T. P., BARDRAM, L., FUNCH-JENSEN, P. & ROSENBERG, J. 2003. Learning curves and impact of previous operative experience on performance on a virtual reality simulator to test laparoscopic surgical skills. *Am J Surg*, 185, 146-9.
- GRANTCHAROV, T. P. & FUNCH-JENSEN, P. 2009. Can everyone achieve proficiency with the laparoscopic technique? Learning curve patterns in technical skills acquisition. *Am J Surg*, 197, 447-9.
- GRANTCHAROV, T. P., KRISTIENSEN, V. B., BENDIX, J., BARDRAM, L., ROSENBERG, J. & FUNCH-JENSEN, P. 2004. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *Br J Surg*, 91, 146-50.
- GREEN, C. S. & BAVELIER, D. 2003. Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534-7.
- GUEDES, H. G., CAMARA COSTA FERREIRA, Z. M., RIBEIRO DE SOUSA LEO, L., SOUZA MONTERO, E. F., OTOCH, J. P. & ARTIFON, E. L. A. 2019. Virtual reality simulator versus box-trainer to teach minimally invasive procedures: A meta-analysis. *Int J Surg*, 61, 60-68.
- GURUSAMY, K. S., AGGARWAL, R., PALANIVELU, L. & DAVIDSON, B. R. 2009. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, CD006575.
- HALVORSEN, F. H., FOSSE, E. & MJALAND, O. 2011. Unsupervised virtual reality training may not increase laparoscopic suturing skills. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 21, 458-61.
- HAMSTRA, S. J., BRYDGES, R., HATALA, R., ZENDEJAS, B. & COOK, D. A. 2014. Reconsidering fidelity in simulation-based training. *Acad Med*, 89, 387-92.
- HARPER, J. D., KAISER, S., EBRAHIMI, K., LAMBERTON, G. R., HADLEY, H. R., RUCKLE, H. C. & BALDWIN, D. D. 2007. Prior video game exposure does not enhance robotic surgical performance. *J Endourol*, 21, 1207-10.
- HARRINGTON, C. M., CHAITANYA, V., DICKER, P., TRAYNOR, O. & KAVANAGH, D. O. 2018. Playing to your skills: a randomised controlled trial evaluating a dedicated video game for minimally invasive surgery. *Surg Endosc*, 32, 3813-3821.
- HARRISON, J., JOSEPH O., BARRETT, M.F. 1964. Computer-aided information systems for gaming. *Research Analysis Corporation, McLean, USA*.
- HARTEL, W. & EKKERNKAMP, A. 2002. Kongressbericht: Zunehmender Einsatz der minimalinvasiven Chirurgie. *Deutsches Ärzteblatt*, 99.
- HASERÜCK, A. & LAU, T. 2023. Gesundheitswesen: Die ambulante Versorgung mehr in den Fokus rücken. *Dtsch Arztebl International*, 2023, 120(13), A-554-A-555.
- HASSAN, I., GERDES, B., KOLLER, M., DICK, B., HELLWIG, D., ROTHMUND, M. & ZIELKE, A. 2007. Spatial perception predicts laparoscopic skills on virtual reality laparoscopy simulator. *Childs Nerv Syst*, 23, 685-9.
- HASSAN, I., MASCHUW, K., ROTHMUND, M., KOLLER, M. & GERDES, B. 2006. Novices in surgery are the target group of a virtual reality training laboratory. *Eur Surg Res*, 38, 109-13.
- HATZINGER, M., KWON, S. T., LANGBEIN, S., KAMP, S., HACKER, A. & ALKEN, P. 2006. Hans Christian Jacobaeus: Inventor of human laparoscopy and thoracoscopy. *J Endourol*, 20, 848-50.

- HEALTHCARE INFORMATION AND MANAGEMENT SYSTEMS SOCIETY, E. 2015. Auf den Spuren der Zeitdiebe im Krankenhaus: Die wahre Belastung durch Dokumentation an deutschen Akutkrankenhäusern wird unterschätzt.
- HEDMAN, L., STROM, P., ANDERSSON, P., KJELLIN, A., WREDMARK, T. & FELLANDER-TSAI, L. 2006. High-level visual-spatial ability for novices correlates with performance in a visual-spatial complex surgical simulator task. *Surg Endosc*, 20, 1275-80.
- HEGARTY, M. 2004. Mechanical reasoning by mental simulation. *Trends Cogn Sci*, 8, 280-5.
- HEINRICH, S., SEEHOFER, D., CORVINUS, F., TRIPKE, V., HUBER, T., HÜTTL, F., PENZKOFER, L., MITTLER, J., ABU HILAL, M. & LANG, H. 2021. Advantages and future perspectives of laparoscopic liver surgery. *Der Chirurg*, 92, 542–549.
- HEWETT, P. J., ALLERDYCE, R. A., BAGSHAW, B. F. & FRAMPTON, C. M. 2008. Combined analysis of data of the Barcelona Trial, COST, CLASSIC & COLOR trials. *Annals of Surgery*, Vol 248 No 5.
- HOGLE, N. J., CHANG, L., STRONG, V. E., WELCOME, A. O., SINAAN, M., BAILEY, R. & FOWLER, D. L. 2009. Validation of laparoscopic surgical skills training outside the operating room: a long road. *Surg Endosc*, 23, 1476-82.
- HOGLE, N. J., WIDMANN, W. D., UDE, A. O., HARDY, M. A. & FOWLER, D. L. 2008. Does training novices to criteria and does rapid acquisition of skills on laparoscopic simulators have predictive validity or are we just playing video games? *J Surg Educ*, 65, 431-5.
- HUBER, T., HUETTL, F., VRADELIS, L., LANG, H., GRIMMINGER, P., SOMMER, N. & HANKE, L. 2023. Evidenz, Verfügbarkeit und Zukunftsvisionen der Simulation in der Allgemein- und Viszeralchirurgie.
- HUBER, T., KIRSCHNIAK, A. & JOHANNINK, J. 2017a. [Survey of Training in Laparoscopic Skills in Germany]. *Zentralbl Chir*, 142, 67-71.
- HUBER, T., PASCHOLD, M., BARTSCH, F., LANG, H. & KNEIST, W. 2016. [Appendectomy in surgical residency. What has changed over the past 10 years?]. *Chirurg*, 87, 326-31.
- HUBER, T., PASCHOLD, M., HANSEN, C., WUNDERLING, T., LANG, H. & KNEIST, W. 2017b. New dimensions in surgical training: immersive virtual reality laparoscopic simulation exhilarates surgical staff. *Surg Endosc*, 31, 4472-4477.
- HUBER, T., WUNDERLING, T., PASCHOLD, M., LANG, H., KNEIST, W. & HANSEN, C. 2018. Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 13, 281-290.
- HUETTL, F. & HUBER, T. 2022. The future of surgical simulation. *Ann Transl Med*, 10, 916.
- IKONEN, T. S., ANTIKAINEN, T., SILVENNOINEN, M., ISOJARVI, J., MAKINEN, E. & SCHEININ, T. M. 2012. Virtual reality simulator training of laparoscopic cholecystectomies - a systematic review. *Scand J Surg*, 101, 5-12.
- INSTITUT FÜR QUALITÄTSSICHERUNG UND TRANSPARENZ IM GESUNDHEITSWESEN, G. B. 2022. Bundesqualitätsbericht 2022. QS-Verfahren Cholezystektomie. Erfassungsjahre 2020 und 2021. *Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen*.
- ITB CONSULTING GMBH, Z. F. T. U. D. 2019. *Test für medizinische Studiengänge III* [Online]. ITB Consulting GmbH, Zentrum für Testentwicklung und Diagnostik. Available: <https://www.hogrefe.com/de/shop/test-fuer-medizinische-studiengaenge-und-eignungstest-fuer-das-medizinstudium-iii-89306.html> [Accessed].
- JALINK, M. B., GORIS, J., HEINEMAN, E., PIERIE, J. P. & TEN CATE HOEDEMAKER, H. O. 2014a. Construct and concurrent validity of a Nintendo Wii video game made for training basic laparoscopic skills. *Surg Endosc*, 28, 537-42.

- JALINK, M. B., GORIS, J., HEINEMAN, E., PIERIE, J. P. & TEN CATE HOEDEMAKER, H. O. 2014b. The effects of video games on laparoscopic simulator skills. *Am J Surg*, 208, 151-6.
- JALINK, M. B., GORIS, J., HEINEMAN, E., PIERIE, J. P. & TEN CATE HOEDEMAKER, H. O. 2015a. Face validity of a Wii U video game for training basic laparoscopic skills. *Am J Surg*, 209, 1102-6.
- JALINK, M. B., HEINEMAN, E., PIERIE, J. P. & TEN CATE HOEDEMAKER, H. O. 2015b. The effect of a preoperative warm-up with a custom-made Nintendo video game on the performance of laparoscopic surgeons. *Surg Endosc*, 29, 2284-90.
- JGOSSE, W. M., VAN GOOR, H. & LUURSEMA, J. M. 2018. Saving robots improves laparoscopic performance: transfer of skills from a serious game to a virtual reality simulator. *Surg Endosc*, 32, 3192-3199.
- JIMBO, T., IEIRI, S., OBATA, S., UEMURA, M., SOUZAKI, R., MATSUOKA, N., KATAYAMA, T., MASUMOTO, K., HASHIZUME, M. & TAGUCHI, T. 2015. Effectiveness of short-term endoscopic surgical skill training for young pediatric surgeons: a validation study using the laparoscopic fundoplication simulator. *Pediatr Surg Int*, 31, 963-9.
- JOHANNINK, J., BRAUN, M., GRÖNE, J., KÜPER, M., MILLE, M., RÖTH, A., SLEYMAN, C., ZACZEK, M. & KIRSCHNIAK, A. 2016. What is needed for surgical training? *Eur Surg* 48, 143-148.
- KAISER, A. M. & CORMAN, M. L. 2001. History of laparoscopy. *Surg Oncol Clin N Am*, 10, 483-92.
- KAWAI, T., GOUMARD, C., JEUNE, F., SAVIER, E., VAILLANT, J.-C. & SCATTON, O. 2018. Laparoscopic liver resection for colorectal liver metastasis patients allows patients to start adjuvant chemotherapy without delay: a propensity score analysis *Surg Endosc*, 32, 3273-3281.
- KEEHNER, M. M., TENDICK, F., MENG, M. V., ANWAR, H. P., HEGARTY, M., STOLLER, M. L. & DUH, Q. Y. 2004. Spatial ability, experience, and skill in laparoscopic surgery. *Am J Surg*, 188, 71-5.
- KIRCHHOFF, P., CLAVIEN, P. A. & HAHNLOSER, D. 2010. Complications in colorectal surgery: risk factors and preventive strategies. *Patient Saf Surg*, 4, 5.
- KLEMPOUS, R., ROZENBLIT, J. W., KLUWAK, K., NIKODEM, J., PATKOWSKI, D., GERUS, S., PALCZEWSKI, M., KIE?LBOWICZ, Z. & WYTYCZAK-PARTYKA, A. 2017. Our Early Experience Concerning an Assessment of Laparoscopy Training Systems.
- KNAUFF, M. 2013. Space to reason: a spatial theory of human thought. *The MIT Press, Cambridge*
- KNAUFF, M. & JOHNSON-LAIRD, P. N. 2002. Visual imagery can impede reasoning. *Mem Cognit*, 30, 363-71.
- KNEIST, W., PASCHOLD, M., GOCKEL, I. & H. LANG, H. 2012. Virtuelles Laparoskopietraining in der chirurgischen Weiterbildung – Spielerei oder curriculare Notwendigkeit? *Passion Chirurgie*, 5, 19-24.
- KOLGA SCHLICKUM, M., HEDMAN, L., ENOCHSSON, L., KJELLIN, A. & FELLANDER-TSAI, L. 2008. Transfer of systematic computer game training in surgical novices on performance in virtual reality image guided surgical simulators. *Stud Health Technol Inform*, 132, 210-5.
- KUNDHAL, P. S. & GRANTCHAROV, T. P. 2009. Psychomotor performance measured in a virtual environment correlates with technical skills in the operating room. *Surg Endosc*, 23, 645-9.

- LANGELOTZ, C., KILIAN, M., PAUL, C. & SCHWENK, W. 2005. LapSim virtual reality laparoscopic simulator reflects clinical experience in German surgeons. *Langenbecks Arch Surg*, 390, 534-7.
- LARSEN, C. R., GRANTCHAROV, T., AGGARWAL, R., TULLY, A., SORENSEN, J. L., DALSGAARD, T. & OTTESEN, B. 2006. Objective assessment of gynecologic laparoscopic skills using the LapSimGyn virtual reality simulator. *Surg Endosc*, 20, 1460-6.
- LARSEN, C. R., OESTERGAARD, J., OTTESEN, B. S. & SOERENSEN, J. L. 2012. The efficacy of virtual reality simulation training in laparoscopy: a systematic review of randomized trials. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 91, 1015-28.
- LARSEN, C. R., SOERENSEN, J. L., GRANTCHAROV, T. P., DALSGAARD, T., SCHOUENBORG, L., OTTOSEN, C., SCHROEDER, T. V. & OTTESEN, B. S. 2009. Effect of virtual reality training on laparoscopic surgery: randomised controlled trial. *BMJ*, 338, b1802.
- LAUBERT, T., ESNAASHARI, H., AUERSWALD, P., HOFER, A., THOMASCHEWSKI, M., BRUCH, H. P., KECK, T. & BENECKE, C. 2018a. Conception of the Lubeck Toolbox curriculum for basic minimally invasive surgery skills. *Langenbecks Arch Surg*, 403, 271-278.
- LAUBERT, T., HÖFER, A., RENNER, L., ROBLICK, U. J., STRIK, M. & BRUCH, H. P. 2013. *Entwicklung eines standardisierten Trainings curriculums für die minimalinvasive Chirurgie—Projekt Lübecker Toolbox* [Online]. Deutsche Gesellschaft für Chirurgie. Available: www.egms.de/en/meetings/dgch2013/13dgch839.shtml [Accessed].
- LAUBERT, T., THOMASCHEWSKI, M., AUERSWALD, P., ZIMMERMANN, M., BRUHEIM, L., KECK, T. & BENECKE, C. 2018b. Implementation of a Laparoscopic Simulation Training in Undergraduate Medical Education - The Lubeck Toolbox-Curriculum. *Zentralbl Chir*, 143, 412-418.
- LEE, M., SAVAGE, J., DIAS, M., BERGERSEN, P. & WINTER, M. 2015. Box, cable and smartphone: a simple laparoscopic trainer. *Clin Teach*, 12, 384-8.
- LEHMANN, K. S., GRONE, J., LAUSCHER, J. C., RITZ, J. P., HOLMER, C., POHLEN, U. & BUHR, H. J. 2012. Simulation training in surgical education - application of virtual reality laparoscopic simulators in a surgical skills course. *Zentralbl Chir*, 137, 130-7.
- LITYNSKI, G. S. 1996. *Highlights in the history of laparoscopy : the development of laparoscopic techniques-- a cumulative effort of internists, gynecologists, and surgeons*, Frankfurt/Main, Barbara Bernert Verlag.
- LITYNSKI, G. S. 1997. Laparoscopy--the early attempts: spotlighting Georg Kelling and Hans Christian Jacobaeus. *JSLs*, 1, 83-5.
- LITYNSKI, G. S. 1998. Kurt Semm and the fight against skepticism: endoscopic hemostasis, laparoscopic appendectomy, and Semm's impact on the "laparoscopic revolution". *JSLs*, 2, 309-13.
- LITYNSKI, G. S. 1999. Endoscopic surgery: the history, the pioneers. *World J Surg*, 23, 745-53.
- LORENZ, R. C., GLEICH, T., GALLINAT, J. & KUHN, S. 2015. Video game training and the reward system. *Front Hum Neurosci*, 9, 40.
- LUURSEMA, J. M., VERWEY, W. B. & BURIE, R. 2012a. *Laparoscopic simulator training* [Online]. [Accessed].
- LUURSEMA, J. M., VERWEY, W. B. & BURIE, R. 2012b. Visuospatial ability factors and performance variables in laparoscopic simulator training.

- MACKAY, S., MORGAN, P., DATTA, V., CHANG, A. & DARZI, A. 2002. Practice distribution in procedural skills training: a randomized controlled trial. *Surg Endosc*, 16, 957-61.
- MALIK, A. A., AYYAZ, M., AFZAL, M. F., ALI, A. A., SHAMIM, R., KHAN, R., KHAN, H. S., NAEEM, A. & BHATTI, S. 2015. Use of box simulators for improving intraoperative laparoscopic skills - an essential tool for the surgeon in training. *J Coll Physicians Surg Pak*, 25, 172-5.
- MATHIAS, A. P., VOGEL, P. & KNAUFF, M. 2020. Different cognitive styles can affect performance in laparoscopic surgery skill training. *Surg Endosc*, 34, 4866-4873.
- METTLER, L., CLEVIN, L., TERNAMIAN, A., PUNTAMBEKAR, S., SCHOLLMEYER, T. & ALKATOUT, I. 2013. The past, present and future of minimally invasive endoscopy in gynecology: a review and speculative outlook. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 22, 210-26.
- MIDDLETON, K. K., HAMILTON, T., TSAI, P. C., MIDDLETON, D. B., FALCONE, J. L. & HAMAD, G. 2013. Improved nondominant hand performance on a laparoscopic virtual reality simulator after playing the Nintendo Wii. *Surg Endosc*, 27, 4224-31.
- MOLL, F. H. & MARX, F. J. 2005. A pioneer in laparoscopy and pelviscopy: Kurt Semm (1927-2003). *J Endourol*, 19, 269-71.
- MOULTON, C. A., DUBROWSKI, A., MACRAE, H., GRAHAM, B., GROBER, E. & REZNICK, R. 2006. Teaching surgical skills: what kind of practice makes perfect?: a randomized, controlled trial. *Ann Surg*, 244, 400-9.
- MÜHE, E. 1986. Die erste Cholezystektomie durch das Laparoskop. *Lagenbecks Arch Chir* 369.
- MUNZ, Y., KUMAR, B. D., MOORTHY, K., BANN, S. & DARZI, A. 2004. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surg Endosc*, 18, 485-94.
- NAGENDRAN, M., GURUSAMY, K. S., AGGARWAL, R., LOIZIDOU, M. & DAVIDSON, B. R. 2013. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, CD006575.
- NAGENDRAN, M., TOON, C. D., DAVIDSON, B. R. & GURUSAMY, K. S. 2014. Laparoscopic surgical box model training for surgical trainees with no prior laparoscopic experience. *Cochrane Database Syst Rev*, CD010479.
- NASR, A., GERSTLE, J. T., CARRILLO, B. & AZZIE, G. 2013. The Pediatric Laparoscopic Surgery (PLS) simulator: methodology and results of further validation. *J Pediatr Surg*, 48, 2075-7.
- NELSON, H., SARGENT, D. J., WIEAND, H. S., FLESHMAN, J., ANVARI, M., STRYKER, S. J., BEART, R. W., JR., HELLINGER, M., FLANAGAN, R., JR., PETERS, W. & OTA, D. 2004. A comparison of laparoscopically assisted and open colectomy for colon cancer. *N Engl J Med*, 350, 2050-9.
- NEPOMNAYSHY, D., ALSEIDI, A. A., FITZGIBBONS, S. C. & STEFANIDIS, D. 2016. Identifying the need for and content of an advanced laparoscopic skills curriculum: results of a national survey. *Am J Surg*, 211, 421-5.
- NEWMARK, J., DANDOLU, V., MILNER, R., GREWAL, H., HARBISON, S. & HERNANDEZ, E. 2007. Correlating virtual reality and box trainer tasks in the assessment of laparoscopic surgical skills. *Am J Obstet Gynecol*, 197, 546 e1-4.
- NICKEL, F., HENDRIE, J. D., KOWALEWSKI, K. F., BRUCKNER, T., GARROW, C. R., MANTEL, M., KENNGOTT, H. G., ROMERO, P., FISCHER, L. & MULLER-STICH, B. P. 2016. Sequential learning of psychomotor and visuospatial skills for laparoscopic suturing and knot tying-a randomized controlled trial "The Shoebox Study" DRKS00008668. *Langenbecks Arch Surg*, 401, 893-901.

- NICKEL, F., KOWALEWSKI, K. F. & MULLER-STICH, B. P. 2015. Risk awareness and training for prevention of complications in minimally invasive surgery. *Chirurg*, 86, 1121-7.
- NISKY, I., HUANG, F., MILSTEIN, A., PUGH, C. M., MUSSA-IVALDI, F. A. & KARNIEL, A. 2012. Perception of stiffness in laparoscopy - the fulcrum effect. *Stud Health Technol Inform*, 173, 313-9.
- NORMAN, G., DORE, K. & GRIERSON, L. 2012. The minimal relationship between simulation fidelity and transfer of learning. *Med Educ*, 46, 636-47.
- NOUSIAINEN, M., BRYDGES, R., BACKSTEIN, D. & DUBROWSKI, A. 2008. Comparison of expert instruction and computer-based video training in teaching fundamental surgical skills to medical students. *Surgery*, 143, 539-44.
- NUGENT, E., SHIRILLA, N., HAFEEZ, A., O'RIORDAIN, D. S., TRAYNOR, O., HARRISON, A. M. & NEARY, P. 2013. Development and evaluation of a simulator-based laparoscopic training program for surgical novices. *Surg Endosc*, 27, 214-21.
- ORZECH, N., PALTER, V. N., REZNICK, R. K., AGGARWAL, R. & GRANTCHAROV, T. P. 2012. A comparison of 2 ex vivo training curricula for advanced laparoscopic skills: a randomized controlled trial. *Ann Surg*, 255, 833-9.
- OVERTOOM, E. M., HOREMAN, T., JANSEN, F. W., DANKELMAN, J. & SCHREUDER, H. W. R. 2019. Haptic Feedback, Force Feedback, and Force-Sensing in Simulation Training for Laparoscopy: A Systematic Overview. *J Surg Educ*, 76, 242-261.
- OVERTOOM, E. M., JANSEN, F. W., VAN SANTBRINK, E. J., SCHRAFFORDT KOOPS, S. E., VEERSEMA, S. & SCHREUDER, H. W. 2017. Training in Basic Laparoscopic Surgical Skills: Residents Opinion of the New Nintendo Wii-U Laparoscopic Simulator. *J Surg Educ*, 74, 352-359.
- PALTER, V. N. 2011. Comprehensive training curricula for minimally invasive surgery. *J Grad Med Educ*, 3, 293-8.
- PALTER, V. N. & GRANTCHAROV, T. P. 2014. Individualized deliberate practice on a virtual reality simulator improves technical performance of surgical novices in the operating room: a randomized controlled trial. *Ann Surg*, 259, 443-8.
- PASCHOLD, M., HUBER, T., MAEDGE, S., ZEISSIG, S. R., LANG, H. & KNEIST, W. 2017. Laparoscopic assistance by operating room nurses: Results of a virtual-reality study. *Nurse Educ Today*, 51, 68-72.
- PASCHOLD, M., HUBER, T., ZEISSIG, S. R., LANG, H. & KNEIST, W. 2014. Tailored instructor feedback leads to more effective virtual-reality laparoscopic training. *Surg Endosc*, 28, 967-73.
- PASCHOLD, M., NIEBISCH, S., KRONFELD, K., HERZER, M., LANG, H. & KNEIST, W. 2013. Cold-start capability in virtual-reality laparoscopic camera navigation: a base for tailored training in undergraduates. *Surg Endosc*, 27, 2169-77.
- PASCHOLD, M., SCHRODER, M., KAUFF, D. W., GORBAUCH, T., HERZER, M., LANG, H. & KNEIST, W. 2011. Virtual reality laparoscopy: which potential trainee starts with a higher proficiency level? *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 6, 653-62.
- PASCUAL, M., SALVANS, S. & PERA, M. 2016. Laparoscopic colorectal surgery: Current status and implementation of the latest technological innovations. *World J Gastroenterol*, 22, 704-17.
- PATKOWSKI, D., CHRZAN, R., WROBEL, G., SOKOL, A., DOBACZEWSKI, G., APOZNANSKI, W., ZALESKA-DOROBISZ, U. & CZERNIK, J. 2007. Laparoscopic splenectomy in children: experience in a single institution. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 17, 230-4.

- PEREZ ESCAMIROSA, F., ORDORICA FLORES, R. & MINOR MARTINEZ, A. 2015. Construction and validation of a low-cost surgical trainer based on iPhone technology for training laparoscopic skills. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 25, e78-82.
- PETERS, J. H., FRIED, G. M., SWANSTROM, L. L., SOPER, N. J., SILLIN, L. F., SCHIRMER, B., HOFFMAN, K. & COMMITTEE, S. F. 2004. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. *Surgery*, 135, 21-7.
- QURESHI, A., VERGIS, A., JIMENEZ, C., GREEN, J., PRYOR, A., SCHLACHTA, C. M. & OKRAINEC, A. 2011. MIS training in Canada: a national survey of general surgery residents. *Surg Endosc*, 25, 3057-65.
- RISUCCI, D. A. 2002. Visual spatial perception and surgical competence. *Am J Surg*, 184, 291-5.
- RITTER, E. M. & SCOTT, D. J. 2007. Design of a proficiency-based skills training curriculum for the fundamentals of laparoscopic surgery. *Surg Innov*, 14, 107-12.
- RO, C. Y., TOUMPOULIS, I. K., ASHTON, R. C., JR., JEBARA, T., SCHULMAN, C., TODD, G. J., DEROSE, J. J., JR. & MCGINTY, J. J. 2005. The LapSim: a learning environment for both experts and novices. *Stud Health Technol Inform*, 111, 414-7.
- ROEWER, N., THIEL, H. & WUNDER, C. 2010. *Anästhesie compact, Leitfaden für die klinische Praxis*, Thieme.
- ROGERS, D. A., ELSTEIN, A. S. & BORDAGE, G. 2001. Improving continuing medical education for surgical techniques: applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery. *Ann Surg*, 233, 159-66.
- ROSENBERG, B. H., LANDSITTEL, D. & AVERCH, T. D. 2005. Can video games be used to predict or improve laparoscopic skills? *J Endourol*, 19, 372-6.
- ROSSER, J. C., JR., LYNCH, P. J., CUDDIHY, L., GENTILE, D. A., KLONSKY, J. & MERRELL, R. 2007. The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Arch Surg*, 142, 181-6; discussion 186.
- SATAVA, R. M. 1993. Virtual reality surgical simulator. The first steps. *Surg Endosc*, 7, 203-5.
- SCHIJVEN, M. P., BERLAGE, J. T. & JAKIMOWICZ, J. J. 2004. Minimal-access surgery training in the Netherlands: a survey among residents-in-training for general surgery. *Surg Endosc*, 18, 1805-14.
- SCHIPPERS, E. 1995. *Minimal invasive Chirurgie, Elektromyographische Studie zur intestinalen Motilität nach laparoskopischer versus konventioneller Cholezystektomie*, Thieme.
- SCHLICKUM, M. K., HEDMAN, L., ENOCHSSON, L., KJELLIN, A. & FELLANDER-TSAI, L. 2009. Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: a prospective randomized study. *World J Surg*, 33, 2360-7.
- SCHNEIDER, K. N., MASTHOFF, M., GOSHEGER, G., SCHOPOW, N., THEIL, J. C., MARSCHALL, B. & ZEHRFELD, J. 2020. [Generation Y in surgery-the competition battle for talent in times of talent shortage]. *Chirurg*, 91, 955-961.
- SCHREM, H. 2002. 48-Stunden-Woche im Krankenhaus: Bedrohliche Konsequenzen in den chirurgischen Fächern. *Dtsch Arztebl International*, 99(19), p. 1268-.
- SEMM, K. 1983. Endoscopic appendectomy. *Endoscopy*, 15, 59-64.
- SEYMOUR, N. E., GALLAGHER, A. G., ROMAN, S. A., O'BRIEN, M. K., BANSAL, V. K., ANDERSEN, D. K. & SATAVA, R. M. 2002. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg*, 236, 458-63; discussion 463-4.

- SHERMAN, V., FELDMAN, L. S., STANBRIDGE, D., KAZMI, R. & FRIED, G. M. 2005. Assessing the learning curve for the acquisition of laparoscopic skills on a virtual reality simulator. *Surg Endosc*, 19, 678-82.
- SHIFFRIN, R. M. & SCHNEIDER, W. 1977. Controlled and Automatic Human Information Processing: II. Perceptual Learning, Automatic Attending and a General Theory. *Psychol Rev* 84, 127-190.
- SIECH, M., STRAUS, P., HUSCHITT, S., BARTSCH, D. K., WITTEL, U. & KECK, T. 2017. Indikation zur laparoskopischen Pankreaschirurgie: Ergebnisse des deutschsprachigen laparoskopischen Pankreasregisters mit Daten von 550 Patienten im Vergleich zu anderen Registern. *Deutsches Ärzteblatt*, 114, 263-268.
- SPILOTIS, A. E., SPILOTIS, P. M. & PALIOS, I. M. 2020. Transferability of Simulation-Based Training in Laparoscopic Surgeries: A Systematic Review. *Minim Invasive Surg*, 2020, 5879485.
- SROKA, G., FELDMAN, L. S., VASSILIOU, M. C., KANEVA, P. A., FAYEZ, R. & FRIED, G. M. 2010. Fundamentals of laparoscopic surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room—a randomized controlled trial. *Am J Surg*, 199, 115-20.
- STEFANIDIS, D., ACKER, C. E., SWIDERSKI, D., HENIFORD, B. T. & GREENE, F. L. 2008. Challenges during the implementation of a laparoscopic skills curriculum in a busy general surgery residency program. *J Surg Educ*, 65, 4-7.
- STEFANIDIS, D., WALTERS, K. C., MOSTAFAVI, A. & HENIFORD, B. T. 2009. What is the ideal interval between training sessions during proficiency-based laparoscopic simulator training? *Am J Surg*, 197, 126-9.
- STELLUNGSNAHME DER REGIERUNGSKOMMISSION DES BUNDESGESUNDHEITSMINISTERIUMS 2022. Grundlegende Reform der Krankenhausvergütung. *R.d.*, 3. *Stellungnahme der Regierungskommission*.
- STEREO OPTICAL COMPANY, I. 2017. *STEREO FLY TEST* [Online]. Available: <https://www.stereooptical.com/wp-content/uploads/2017/10/70019-Stereo-FLY-Instr.-Manual-2017.pdf> [Accessed].
- STRANDBYGAARD, J., BJERRUM, F., MAAGAARD, M., WINKEL, P., LARSEN, C. R., RINGSTED, C., GLUUD, C., GRANTCHAROV, T., OTTESEN, B. & SORENSEN, J. L. 2013. Instructor feedback versus no instructor feedback on performance in a laparoscopic virtual reality simulator: a randomized trial. *Ann Surg*, 257, 839-44.
- STULL, A. T., GAINER, M., PADALKAR, S. & HEGARTY, M. 2016. Promoting representational competence with molecular models in organic chemistry. *Chem Educ*, 93, 994–1001.
- STURM, L. P., WINDSOR, J. A., COSMAN, P. H., CREGAN, P., HEWETT, P. J. & MADDERN, G. J. 2008. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. *Ann Surg*, 248, 166-79.
- SUSI, T., JOHANNESSON, M. & BACKLUND, P. 2007. Serious Games – An Overview. *School of humanities and informatics. University of Skövde, Sweden*
- SUTHERLAND, L. M., MIDDLETON, P. F., ANTHONY, A., HAMDORF, J., CREGAN, P., SCOTT, D. & MADDERN, G. J. 2006. Surgical simulation: a systematic review. *Ann Surg*, 243, 291-300.
- THOMASCHEWSKI, M., LAUBERT, T., ZIMMERMANN, M., ESNAASHARI, H., VONTHEIN, R., KECK, T. & BENECKE, C. 2020. Efficacy of goal-directed minimally invasive surgery simulation training with the Lubeck Toolbox-Curriculum prior to first operations on patients: Study protocol for a multi-centre randomized controlled validation trial (NOVICE). *Int J Surg Protoc*, 21, 13-20.

- THOMPSON, J. R., LEONARD, A. C., DOARN, C. R., ROESCH, M. J. & BRODERICK, T. J. 2011. Limited value of haptics in virtual reality laparoscopic cholecystectomy training. *Surg Endosc*, 25, 1107-14.
- VAJSBAHER, T., SCHULTHEIS, H. & FRANCIS, N. K. 2018. Spatial cognition in minimally invasive surgery: a systematic review. *BMC Surg*, 18, 94.
- VAN DER PAS, M. H., HAGLIND, E., CUESTA, M. A., FURST, A., LACY, A. M., HOP, W. C. & BONJER, H. J. 2013. Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer (COLOR II): short-term outcomes of a randomised, phase 3 trial. *Lancet Oncol*, 14, 210-8.
- VAN DONGEN, K. W., TOURNOIJ, E., VAN DER ZEE, D. C., SCHIJVEN, M. P. & BROEDERS, I. A. 2007. Construct validity of the LapSim: can the LapSim virtual reality simulator distinguish between novices and experts? *Surg Endosc*, 21, 1413-7.
- VAN DONGEN, K. W., VAN DER WAL, W. A., RINKES, I. H., SCHIJVEN, M. P. & BROEDERS, I. A. 2008. Virtual reality training for endoscopic surgery: voluntary or obligatory? *Surg Endosc*, 22, 664-7.
- VAPENSTAD, C. & BUZINK, S. N. 2013. Procedural virtual reality simulation in minimally invasive surgery. *Surg Endosc*, 27, 364-77.
- VERDAASDONK, E. G., DANKELMAN, J., SCHIJVEN, M. P., LANGE, J. F., WENTINK, M. & STASSEN, L. P. 2009. Serious gaming and voluntary laparoscopic skills training: a multicenter study. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 18, 232-8.
- VERDAASDONK, E. G., STASSEN, L. P., VAN WIJK, R. P. & DANKELMAN, J. 2007. The influence of different training schedules on the learning of psychomotor skills for endoscopic surgery. *Surg Endosc*, 21, 214-9.
- VITISH-SHARMA, P., KNOWLES, J. & PATEL, B. 2011. Acquisition of fundamental laparoscopic skills: is a box really as good as a virtual reality trainer? *Int J Surg*, 9, 659-61.
- VOGEL, P. & VOGEL, D. H. V. 2019. Cognition errors in the treatment course of patients with anastomotic failure after colorectal resection. *Patient Saf Surg*, 13, 4.
- VON BECHTOLSHEIM ET AL., F. 2022. Abstracts from the 29th International Congress of the European Association for Endoscopic Surgery (EAES), Barcelona, Spain, 24-27 November 2021, Trainingscurricula and facilities in laparoscopic surgery in Germany: a national survey. *Surgical endoscopy*, 36(Suppl 2), 325-674.
- VOTANOPOULOS, K., BRUNICARDI, F. C., THORNBY, J. & BELLOWES, C. F. 2008. Impact of three-dimensional vision in laparoscopic training. *World J Surg*, 32, 110-8.
- WOUTERS, P., VAN DER SPEK, E. & VAN OOSTENDORP, H. 2009. *Current practices in serious game research: a review from a learning outcomes perspective*.
- WÜLFING, C. 2012. *Risiken und Komplikationen in der Urologie, 9 Komplikationen bei laparoskopischen Eingriffen*, Thieme.
- YOUNGBLOOD, P. L., SRIVASTAVA, S., CURET, M., HEINRICHS, W. L., DEV, P. & WREN, S. M. 2005. Comparison of training on two laparoscopic simulators and assessment of skills transfer to surgical performance. *J Am Coll Surg*, 200, 546-51.
- ZENDEJAS, B., BRYDGES, R., HAMSTRA, S. J. & COOK, D. A. 2013. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg*, 257, 586-93.

Anhang

Präinterventioneller Fragebogen



Name: _____

Datum: _____

Skill transfer in laparoscopic simulation: A comparative study on surgical training effects between a video game and two different laparoscopic trainer

Fragebogen

1. Geschlecht: männlich weiblich divers
2. Alter:
3. Semester:
4. Händigkeit Rechtshänder Linkshänder
5. Spielen Sie regelmäßig Computer bzw. mit einer Spielkonsole?
sehr häufig nie
6. Spielen Sie regelmäßig ein Musikinstrument?
sehr häufig nie
7. Durften Sie bereits bei einer laparoskopischen Operation assistieren? Wenn ja, wie oft?
 nein 1-2 mal 3-5 mal 6 mal und mehr
8. Wie hoch ist Ihr Interesse an chirurgischen Fächern?
sehr hoch sehr niedrig
9. Streben Sie an in einem chirurgischen Fach zu arbeiten?
 ja nein weiß nicht
10. Streben Sie an im Gebiet der Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie zu arbeiten?
 ja nein weiß nicht
11. Wie würden Sie Ihre Teamfähigkeit einschätzen?
sehr hoch weiß nicht
12. Wie würden Sie Ihre kommunikativen Fähigkeiten einschätzen?
sehr hoch sehr niedrig
13. Wie würden Sie Ihre feinmotorischen Fähigkeiten einschätzen
sehr hoch sehr niedrig
14. Würden Sie sich zutrauen bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation zu assistieren (z.B. Kameraführung)?
 ja nein

Probanden-ID: _____

OSIVQ-Fragebogen

OSIVQ- Fragebogen

	<i>stimme überhaupt nicht zu</i>	<i>stimme kaum zu</i>	<i>teilsteils</i>	<i>stimme etwas zu</i>	<i>stimme voll- kommen zu</i>
1. In der Schule war ich sehr gut in dreidimensionaler Geometrie.					
2. Ich habe Schwierigkeiten, mich schriftlich auszudrücken.					
3. Architektur interessiert mich mehr als Malerei.					
4. Meine Vorstellungen und inneren Bilder sind sehr klar und farbenreich.					
5. Beim Lesen eines Fachbuchs ziehe ich schematische Diagramme und Skizzen farbigen Bildern und Illustrationen vor.					
6. Ich kann Witze und Geschichten besser als die meisten erzählen.					
7. Das Schreiben von Essays fällt mir schwer und macht mir keinen Spaß.					
8. Beim Lesen z.B. eines Romans formt sich in der Regel ein klares und detailliertes inneres Bild der beschriebenen Szene oder des Raumes.					
9. Ich kann mir problemlos dreidimensionale Objekte vorstellen und im Geiste rotieren.					
10. Meine verbalen Fähigkeiten sind hervorragend.					
11. Wenn ich über ein abstraktes Bauwerk nachdenke, stelle ich mir eher ein abstraktes schematisches Bauwerk oder einen Plan statt eines spezifischen wirklichen Gebäudes vor.					
12. Meine Vorstellungen und inneren Bilder sind sehr anschaulich und photographisch.					
13. Beim Erklären gebe ich lieber verbale Erläuterungen statt Zeichnungen oder Skizzen anzufertigen.					
14. Meine mentalen Bilder verschiedener Objekte ähneln sich in Größe, Form und Farbe sehr stark tatsächlichen Objekten, die ich gesehen habe.					
15. Wenn ich mir das Gesicht eines Freundes vorstelle, sehe ich ein vollkommen klares und helles inneres Bild.					
16. Ich bin sehr gut im Technischen Zeichnen.					
17. Wenn ich mich an ein bestimmtes Erlebnis erinnere, nutze ich eher verbale Beschreibungen statt innerer Bilder.					



	<i>stimme überhaupt nicht zu</i>	<i>stimme kaum zu</i>	<i>teilsteils</i>	<i>stimme etwas zu</i>	<i>stimme vollkommen zu</i>
18. Ich kann mich problemlos an viele visuelle Details erinnern, die anderen nicht einmal auffallen. Z.B. registriere ich automatisch Dinge wie die Farbe des Pullovers oder der Schuhe, die jemand trägt.					
19. Es fällt mir leicht, eine Skizze oder Aufriss eines Gebäudes, das ich gut kenne, zu zeichnen.					
20. In der Schule hatte ich keine Probleme mit Geometrie.					
21. Manchmal sind meine Vorstellungen und inneren Bilder so klar und langlebig, dass es schwer fällt, sie zu ignorieren.					
22. Ich kann meine Augen schließen und mir problemlos eine erlebte Szene vorstellen.					
23. Ich kann mich sprachlich besser ausdrücken als der Durchschnitt.					
24. Ich bin mir jederzeit der Satzstruktur bewusst.					
25. Mir macht es Spaß, meine Gedanken in vielerlei Weise sowohl schriftlich als auch mündlich zu variieren.					
26. Ich erinnere mich visuell an alles. Ich kann mich wahrscheinlich besser daran erinnern, was Leute zum Abendessen trugen, wie sie saßen und aussahen, als daran, was sie erzählten.					
27. Ich habe manchmal Schwierigkeiten darin, exakt auszudrücken, was ich sagen möchte.					
28. Mir fällt es schwer mir vorzustellen, wie genau eine dreidimensionale Figur aussehen würde, wenn sie rotiert wird.					
29. Meine inneren Bilder sind jederzeit in meinem Kopf, genau dort.					
30. Meine graphischen Fähigkeiten würden eine Karriere als Architekt relativ leicht fallen lassen.					
31. Wenn ich einem Radiomoderator zuhöre, den ich noch nie gesehen habe, stelle ich mir üblicherweise vor, wie er wohl aussieht.					
32. Ich habe ein photographisches Gedächtnis.					
33. Wenn ich einen vertrauten Laden betrete, um einen bestimmten Artikel zu besorgen, kann ich mir leicht den genauen Standort des Zielartikels und das Regal, auf dem er steht, die Anordnung und die umgebenden Artikel vorstellen.					

	<i>stimme überhaupt nicht zu</i>	<i>stimme kaum zu</i>	<i>teilsteils</i>	<i>stimme etwas zu</i>	<i>stimme voll- kommen zu</i>
34. Ich mag Bilder mit leuchtenden Farben und ungewöhnlichen Formen, wie sie in der modernen Kunst vorkommen.					
35. Wenn ich zwischen einem Architektur- und einem Kunststudium wählen müsste, würde ich mich für ein Kunststudium entscheiden.					
36. Ich kann gut räumliche Spiele spielen, bei denen aus Blöcken und Papier konstruiert wird (z.B. Lego, Tetris, Origami).					
37. Beim Lesen eines Lehrbuchs versuche ich normalerweise nicht, Diagramme zu visualisieren oder zu skizzieren.					
38. Meine Bilder sind eher schematisch als bunt und bildhaft.					
39. Das Zusammensetzen von Möbelbausätzen (z.B. eines TV-Ständers oder eines Stuhls) ist für mich viel einfacher, wenn ich detaillierte verbale Anweisungen habe, als wenn ich nur ein Diagramm oder ein Bild habe.					
40. Meine verbalen Fähigkeiten würden mir eine Karriere in der Sprachkunst relativ leicht machen.					
41. Normalerweise stelle ich mir weniger spontane, lebendige Bilder vor; ich benutze meine Vorstellungskraft eher, wenn ich versuche, Probleme wie z.B. in der Mathematik zu lösen.					
42. Wenn man mich bitten würde, zwischen Ingenieurberufen und bildender Kunst zu wählen, würde ich Ingenieurwesen vorziehen.					
43. Ich hätte lieber eine verbale Beschreibung eines Objekts oder einer Person als ein Bild.					
44. Meine Bilder sind eher wie schematische Darstellungen von Dingen und Ereignissen als Detailbilder.					
45. Wenn mir jemand zweistellige Zahlen zum Addieren angeben würde (z.B. 43 und 32), würde ich einfach addieren, ohne mir die Zahlen bildlich vorzustellen.					

Evaluation

Name: _____

Datum: _____

Skill transfer in laparoscopic simulation: A comparative study on surgical training effects between a video game and two different laparoscopic trainer

Evaluation

1. Wie hoch ist Ihr Interesse an chirurgischen Fächern nach dem laparoskopischen Training?
sehr hoch sehr niedrig
2. Streben Sie nach dem laparoskopischen Training an in einem chirurgischen Fach zu arbeiten?
 ja nein weiß nicht
3. Streben Sie nach dem laparoskopischen Training an im Gebiet der Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie zu arbeiten?
 ja nein weiß nicht
4. Würden Sie sich nach dem laparoskopischen Training zutrauen bei einer unkomplizierten laparoskopischen Operation zu assistieren (z.B. Kameraführung)?
 ja nein

Im folgenden bewerten Sie bitte explizit Ihre Trainingsmodalität (LapSim, Toolbox, Videospil) und NICHT den Eingangs-/ Zwischen-/ Ausgangstest am LapSim.
Die Kontrollgruppe bewertet bitte den Eingangs-/ Zwischen-/ Ausgangstest am LapSim.

5. Ich kann mir vorstellen, das der VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil die laparoskopischen Fertigkeiten fördert.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
6. Ich kann mir sehr gut vorstellen, den/ das VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil regelmäßig zu nutzen.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
7. Ich empfinde den/ das VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil als unnötig komplex.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
8. Ich empfinde den/ das VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil als einfach zu nutzen.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
9. Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um den/ das VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil zu nutzen.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
10. Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des VR-Simulators/ Boxtrainers/ Videospils gut integriert sind.
ich stimme nicht zu ich stimme zu
11. Ich finde, dass es im VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospil zu viele Inkonsistenzen gibt.
ich stimme nicht zu ich stimme zu

Name: _____

Datum: _____

12. Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute den/ das VR-Simulator/ Boxtrainer/ Videospiele schnell zu beherrschen lernen.

ich stimme nicht zu ich stimme zu

13. Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.

ich stimme nicht zu ich stimme zu

14. Ich habe mich bei der Nutzung des VR-Simulators/ Boxtrainers/ Videospiele sehr sicher gefühlt.

ich stimme nicht zu ich stimme zu

15. Ich musste eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem VR-Simulator/Boxtrainer/Videospiel arbeiten konnte.

ich stimme nicht zu ich stimme zu

Bemerkungen zum VR-Simulator/Boxtrainer/Videospiel (Was hat Sie gestört?)

.....

.....

.....

.....

.....

Vielen Dank für Ihre Teilnahme ☺

Wer Interesse am Zertifikat über die Teilnahme am laparoskopischen Training hat, darf sich gerne melden!

Probanden-ID: _____

Lernkurven VR-Simulator

Peg Transfer	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	257,21 (±76,67)
2 (n = 20)	224,22 (±76,04)
3 (n = 20)	189,30 (±73,05)
4 (n = 20)	180,48 (±51,08)
5 (n = 20)	175,04 (±100,71)
6 (n = 20)	154,49 (±42,5)
7 (n = 20)	144,34 (±32,45)
8 (n = 20)	158,09 (±93,18)
9 (n = 20)	139,12 (±33,20)
10 (n = 18)	131,09 (±32,77)
11 (n = 16)	125,25 (±32,27)
12 (n = 15)	112,42 (±25,15)
13 (n = 13)	110,36 (±17,52)
14 (n = 11)	116,10 (±40,80)
15 (n = 8)	114,1363 (±29,76)
16 (n = 5)	100,15 (±17,95)
17 (n = 4)	101,74 (±30,02)
18 (n = 3)	104,01 (±27,67)
19 (n = 3)	89,09 (±11,17)
20 (n = 3)	93,48 (±17,00)
21 (n = 3)	94,63 (±9,53)
22 (n = 2)	136,35 (±80,79)
23 (n = 1)	75,23
24 (n = 1)	71,65
25 (n = 1)	79,57

Lifting and Grasping	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	205,58 (±70,87)
2 (n = 20)	132,07 (±49,47)
3 (n = 20)	139,21 (±69,90)
4 (n = 20)	108,10 (±25,88)
5 (n = 20)	99,03 (±19,66)
6 (n = 20)	106,75 (±38,11)
7 (n = 20)	95,98 (±24,39)
8 (n = 20)	86,39 (±21,70)
9 (n = 20)	87,62 (±27,01)
10 (n = 17)	80,97 (±17,63)
11 (n = 16)	72,95 (±17,07)
12 (n = 15)	70,40 (±13,80)
13 (n = 15)	66,01 (±11,46)
14 (n = 13)	70,73 (±18,67)
15 (n = 9)	63,97 (±15,77)
16 (n = 7)	67,05 (±15,12)
17 (n = 6)	75,44 (±32,70)
18 (n = 4)	59,18 (±18,42)
19 (n = 4)	62,42 (±6,81)
20 (n = 2)	58,48 (±6,01)
21 (n = 2)	65,79 (±4,97)
22 (n = 2)	48,24 (±0,12)
23 (n = 1)	67,17
24 (n = 1)	80,85

Pattern Cutting	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	294,60 (±119,29)
2 (n = 20)	212,75 (±69,53)
3 (n = 20)	183,92 (±72,48)
4 (n = 20)	141,57 (±48,29)
5 (n = 20)	121,77 (±44,89)
6 (n = 20)	123,09 (±32,41)
7 (n = 20)	116,72 (±60,18)
8 (n = 20)	110,75 (±37,79)
9 (n = 20)	106,51 (±38,97)
10 (n = 19)	101,35 (±43,46)
11 (n = 17)	88,02 (±39,06)
12 (n = 15)	90,41 (±31,04)
13 (n = 14)	75,49 (±17,71)
14 (n = 10)	76,17 (±31,54)
15 (n = 7)	68,29 (±16,08)
16 (n = 6)	73,08 (±14,82)
17 (n = 3)	62,67 (±8,72)
18 (n = 3)	58,31 (±16,95)
19 (n = 3)	59,27 (±17,42)
20 (n = 3)	58,33 (±16,89)
21 (n = 3)	71,76 (±22,12)
22 (n = 2)	49,98 (±4,87)
23 (n = 1)	64,82
24 (n = 1)	70,57

Seal and Cut	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	350,57 (±150,62)
2 (n = 20)	304,53 (±142,42)
3 (n = 19)	279,78 (±109,91)
4 (n = 19)	209,52 (±92,73)
5 (n = 19)	226,11 (±95,90)
6 (n = 19)	185,25 (±62,83)
7 (n = 17)	196,26 (±97,67)
8 (n = 17)	166,83 (±70,02)
9 (n = 17)	189,59 (±113,06)
10 (n = 17)	166,84 (±82,28)
11 (n = 13)	170,52 (±75,76)
12 (n = 12)	144,65 (±76,65)
13 (n = 8)	119,07 (±31,52)
14 (n = 7)	104,09 (±32,89)
15 (n = 7)	145,81 (±100,70)
16 (n = 7)	96,25 (±31,96)
17 (n = 5)	107,78 (±37,96)
18 (n = 3)	109,42 (±37,01)
19 (n = 1)	124,45

Cutting	
Durchgang	Zeit in s M (SD)
1 (n = 20)	160,52 (±57,19)
2 (n = 20)	122,63 (±47,43)
3 (n = 20)	120,98 (±54,82)
4 (n = 20)	130,43 (±51,22)
5 (n = 20)	136,43 (±69,20)
6 (n = 20)	98,94 (±41,58)
7 (n = 20)	108,96 (±46,67)
8 (n = 20)	91,82 (±25,80)
9 (n = 19)	99,83 (±33,60)
10 (n = 18)	80,90 (±28,57)
11 (n = 18)	77,44 (±13,93)
12 (n = 17)	84,44 (±30,47)
13 (n = 16)	66,48 (±13,00)
14 (n = 13)	65,36 (±17,36)
15 (n = 10)	69,63 (±18,45)
16 (n = 9)	66,20 (±16,00)
17 (n = 7)	84,87 (±46,20)
18 (n = 6)	67,15 (±12,91)
19 (n = 5)	68,98 (±12,19)
20 (n = 4)	66,72 (±23,05)
21 (n = 2)	49,80 (±12,06)
22 (n = 1)	75,18
23 (n = 1)	62,58
24 (n = 1)	48,73
25 (n = 1)	46,48

Lernkurven Boxtrainer

Koffer packen	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	04:31 (±00:49)
2 (n = 20)	03:39 (±00:40)
3 (n = 20)	03:09 (±00:34)
4 (n = 20)	03:05 (±00:33)
5 (n = 20)	02:56 (±00:29)
6 (n = 20)	02:47 (±00:23)
7 (n = 20)	02:47 (±00:27)
8 (n = 20)	02:39 (±00:26)
9 (n = 20)	02:33 (±00:24)
10 (n = 20)	02:29 (±00:19)
11 (n = 20)	02:26 (±00:17)
12 (n = 20)	02:23 (±00:19)
13 (n = 20)	02:20 (±00:15)
14 (n = 16)	02:13 (±00:17)
15 (n = 15)	02:11 (±00:19)
16 (n = 12)	02:06 (±00:18)
17 (n = 8)	02:00 (±00:18)
18 (n = 4)	01:48 (±00:13)
19 (n = 1)	01:58

Webrahmen	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	03:40 (±00:45)
2 (n = 20)	03:19 (±01:14)
3 (n = 20)	02:59 (±01:07)
4 (n = 20)	02:47 (±01:06)
5 (n = 20)	02:40 (±00:53)
6 (n = 20)	02:26 (±00:49)
7 (n = 20)	02:18 (±00:38)
8 (n = 20)	02:14 (±00:34)
9 (n = 20)	02:04 (±00:28)
10 (n = 20)	02:09 (±00:36)
11 (n = 19)	01:52 (±00:23)
12 (n = 19)	01:54 (±00:19)
13 (n = 19)	01:52 (±00:17)
14 (n = 19)	01:54 (±00:23)
15 (n = 19)	01:49 (±00:18)
16 (n = 19)	01:48 (±00:22)
17 (n = 19)	01:58 (±00:28)
18 (n = 17)	01:44 (±00:25)
19 (n = 14)	01:41 (±00:16)
20 (n = 14)	01:44 (±00:28)
21 (n = 9)	01:32 (±00:19)
22 (n = 5)	01:33 (±00:17)
23 (n = 3)	01:25 (±00:05)
24 (n = 1)	01:26
25 (n = 1)	02:00
26 (n = 1)	01:00

Gummitwist	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	04:09 (±00:53)
2 (n = 20)	03:27 (±00:42)
3 (n = 20)	03:09 (±00:33)
4 (n = 20)	03:01 (±00:34)
5 (n = 20)	02:58 (±00:38)
6 (n = 20)	02:55 (±00:38)
7 (n = 20)	02:53 (±00:28)
8 (n = 20)	02:43 (±00:26)
9 (n = 20)	02:48 (±00:35)
10 (n = 20)	02:58 (±01:00)
11 (n = 20)	02:31 (±00:30)
12 (n = 20)	02:29 (±00:23)
13 (n = 20)	02:23 (±00:21)
14 (n = 19)	02:36 (±00:24)
15 (n = 17)	02:42 (±00:43)
16 (n = 14)	02:24 (±00:28)
17 (n = 12)	02:16 (±00:25)
18 (n = 9)	02:26 (±00:33)
19 (n = 6)	02:10 (±00:23)
20 (n = 5)	02:08 (±00:30)
21 (n = 2)	01:52 (±00:07)
22 (n = 1)	01:42

Dreiecksschnitt	
Durchgang	Mittelwert in min M (SD)
1 (n = 20)	05:10 (±01:37)
2 (n = 20)	04:15 (±01:13)
3 (n = 20)	03:28 (±00:51)
4 (n = 20)	03:20 (±00:50)
5 (n = 20)	02:49 (±00:35)
6 (n = 20)	02:36 (±00:45)
7 (n = 20)	02:40 (±00:39)
8 (n = 20)	02:43 (±00:49)
9 (n = 20)	02:41 (±00:51)
10 (n = 20)	02:38 (±00:52)
11 (n = 19)	02:25 (±00:33)
12 (n = 18)	02:26 (±00:35)
13 (n = 15)	02:12 (±00:23)
14 (n = 13)	02:22 (±00:27)
15 (n = 10)	02:03 (±00:23)
16 (n = 8)	02:01 (±00:20)
17 (n = 6)	02:05 (±00:21)
18 (n = 4)	01:36 (±00:29)
19 (n = 2)	02:01 (±00:36)
20 (n = 2)	01:48 (±00:47)
21 (n = 1)	01:25

Danksagung

Eine wissenschaftliche Arbeit ist nie das Werk einer einzelnen Person, daher möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Menschen bedanken, die mich auf meinem Weg begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr.med. [REDACTED], meinem Doktorvater, für die hervorragende Betreuung der Dissertation sowie seine Unterstützung und Förderung auch außerhalb dieser Promotion.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Dr. med. [REDACTED] für die Durchsicht meiner Arbeit, die konstruktive Kritik, ihr steht offenes Ohr und die aufmunternden Worte bedanken.

Weiterhin danke ich Herrn Priv.-Doz. Dr. med. [REDACTED] und Herrn Priv.-Doz. Dr. med. [REDACTED] für ihre hilfsbereite und wissenschaftliche Betreuung als Zweit- und Drittgutachter.

Zudem bedanke ich mich bei Frau [REDACTED] für die zuverlässige und kompetente statistische Beratung sowie die Durchsicht meiner Arbeit.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Ein ganz besonderer Dank gilt hier meinen Eltern [REDACTED] für ihre bedingungslose Unterstützung während meines gesamten Weges.

Lebenslauf

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Müller, Natascha
Geburtsdatum/-ort: 25.12.1994, Kirchen an der Sieg

Ausbildung

seit 09/2021 Promotionsstudentin
05/2023 Erteilung der Approbation als Ärztin
04/2017 - 05/2023 Studium der Humanmedizin,
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
2005 - 03/2014 Privates Gymnasium Marienstatt
Allgemeine Hochschulreife

Beruflicher Werdegang

seit 10/2023 Weiterbildungsassistentin Viszeralchirurgie,
Krankenhaus St. Marienwörth, Bad Kreuznach
07/2020 - 06/2022 Hilfwissenschaftliche Mitarbeiterin,
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie,
Universitätsmedizin Mainz
4/2020 - 12/2021 Studentische Aushilfskraft Covidstation/I. Med. Klinik,
Universitätsmedizin Mainz
02/2021 Famulatur Kardiologische Intensivstation,
Universitätsmedizin Mainz
08/2020 Famulatur Klinik für Allgemein-, Viszeral- und
Transplantationschirurgie, Universitätsmedizin Mainz
04/2020 Famulatur Covidstation,
Universitätsmedizin Mainz
10/2019 - 04/2020 Werkstudententätigkeit Schlaflabor,
Katholischen Klinikum Mainz
09/2019 Famulatur Hausärztliche Gemeinschaftspraxis,
Gebhardshain
04/2015 - 03/2017 Ausbildung als Gesundheits- und Krankenpflegerin,
Universitätsmedizin Mainz

Lebenslauf

09/2014 - 03/2015 Freiwilliges Soziales Jahr, Abteilung Innere,
DRK Krankenhaus Hachenburg