

Aus der Klinik für Gynäkologie mit Brustzentrum  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Intraoperative physische und psychische Belastung von  
Chirurgen und Chirurginnen bei offenen, laparoskopischen  
sowie Roboter-assistierten Operationsverfahren

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Susanne Patricia Friederike Margret Kreimer

aus Bonn

Datum der Promotion: 03.03.2023



## Inhaltsverzeichnis

|  |            |
|--|------------|
| <b>Tabellenverzeichnis</b>   | <b>IV</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>   | <b>V</b>   |
| <b>Zusammenfassung</b>   | <b>VII</b> |
| <b>1 Einleitung</b>  | <b>1</b>   |
| 1.1 <i>Die allgemein psychophysische Belastung von (chirurgisch) tätigen Ärzt*innen</i>  | 2          |
| 1.2 <i>Die Evolution der Chirurgie</i>   | 6          |
| 1.2.1 <i>Die Laparotomie</i>   | 7          |
| 1.2.2 <i>Die Laparoskopie</i>  | 7          |
| 1.2.3 <i>Die Roboter-assistierte Chirurgie</i>   | 9          |
| 1.3 <i>Psychophysische Anforderungen operativer Verfahren</i>  | 10         |
| 1.3.1 <i>Operationsspezifische körperliche Anforderungen</i>   | 10         |
| 1.3.2 <i>Operationsspezifische psychische Anforderungen</i>  | 14         |
| 1.4 <i>Zielsetzung der Arbeit</i>  | 15         |
| <b>2 Material und Methoden</b>   | <b>17</b>  |
| 2.1 <i>Fragebogen-Design</i>   | 17         |
| 2.2 <i>Fragebogenentwicklung der Erfassung körperlicher und psychischer Anforderungen</i>  | 18         |
| 2.3 <i>Auswahl und Akquise der Studienpopulation</i>   | 22         |
| 2.4 <i>Erhebungsmethoden</i>   | 23         |
| 2.5 <i>Methoden der statistischen Analyse</i>  | 24         |
| <b>3 Ergebnisse</b>  | <b>30</b>  |
| 3.1 <i>Univariate Analyse</i>  | 30         |
| 3.1.1 <i>Baseline-Charakteristika der Befragten</i>  | 31         |
| 3.1.2 <i>Quantitative Arbeitsbelastung</i>   | 34         |
| 3.1.3 <i>Persönliche Zufriedenheit und Arbeitssituation</i>  | 36         |
| 3.1.4 <i>Operationsmethoden-spezifische Belastungs-Dimensionen</i>   | 37         |
| 3.1.5 <i>Relevanz der Roboter-Chirurgie, Einfluss ökonomischer Erwägungen und Substitution der Operateur*innen durch neue Technologien</i> | 48         |
| 3.2 <i>Multivariate Analyse</i>  | 49         |
| 3.2.1 <i>Messwiederholungs-ANOVA</i>   | 49         |
| 3.2.2 <i>Zusammenhangsanalysen</i>   | 54         |
| 3.2.3 <i>Regressionsanalyse</i>  | 63         |
| 3.2.4 <i>Mediationsanalyse</i>   | 67         |
| <b>4 Diskussion</b>  | <b>74</b>  |
| 4.1 <i>Operationsmethoden-inhärente Unterschiede in körperlicher und psychischer Belastung</i>   | 74         |
| 4.2 <i>Einordnung der Ergebnisse in den Stand der Forschung</i>  | 75         |
| 4.2.1 <i>Soziodemographische Daten und Einordnung des Panels</i>   | 75         |
| 4.2.2 <i>Körperliche Belastung der Operierenden und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren</i>                                      | 79         |
| 4.2.3 <i>Psychische Belastung der Operierenden und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren</i>                                       | 83         |
| 4.2.4 <i>Weitere Belastungsdimensionen und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren</i>   | 87         |
| 4.3 <i>Limitationen und methodische Einschränkungen</i>  | 88         |
| 4.4 <i>Ausblick &amp; Fazit</i>  | 90         |
| <b>Literaturverzeichnis</b>  | <b>99</b>  |
| <b>5 Anhang</b>  | <b>113</b> |
| 5.1 <i>Studien-Fragebogen</i>  | 113        |
| <b>Eidesstattliche Versicherung</b>  | <b>129</b> |
| <b>Lebenslauf</b>  | <b>130</b> |
| <b>Danksagung</b>  | <b>131</b> |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 1 – Deskriptive Statistik des Vergleichs der Stichprobe zur Grundgesamtheit                 | 30 |
| Tabelle 2 – Deskriptive Statistik der körperlichen Belastung nach OP-Verfahren                      | 50 |
| Tabelle 3 – Post-hoc-Analyse der körperlichen Belastung   | 51 |
| Tabelle 4 – Deskriptive Statistik der psychischen Belastung nach OP-Verfahren                       | 51 |
| Tabelle 5 – Post-hoc-Analyse der psychischen Belastung  | 52 |
| Tabelle 6 – Deskriptive Statistik des intraoperativen Stresses                                      | 52 |
| Tabelle 7 – Post-hoc-Analyse intraoperativer Stress   | 53 |
| Tabelle 8 – Deskriptive Beschreibung der technischen Komplexität der unterschiedlichen OP-Verfahren | 53 |
| Tabelle 9 – Post-hoc-Analyse der Messwiederholungs-ANOVA  | 54 |
| Tabelle 10 – Kruskal-Wallis-Test nach Funktionsgruppe   | 61 |
| Tabelle 11 – Post-Hoc-Testung für Funktion der Operierenden   | 62 |
| Tabelle 12 – Kruskal-Wallis-Test der Händigkeit   | 62 |

# Abbildungsverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 1 – Entwicklung der Fragebogenitems zur Erhebung der körperlichen und psychischen Belastung | 20  |
| Abbildung 2 – Darstellung der Konvertierungszahlen von E-Mail-Anschreiben zu Umfrageteilnahme         | 23  |
| Abbildung 3 – Übersichtsdiagramm zur Datenbereinigung   | 25  |
| Abbildung 4 – Darstellung des Aufbaus der schrittweisen, multivariaten Analyse                        | 27  |
| Abbildung 5 – Darstellung der Schritte der Mediationsanalyse  | 28  |
| Abbildung 6 – Sport pro Woche   | 33  |
| Abbildung 7 – Funktion  | 33  |
| Abbildung 8 – Fachrichtung  | 34  |
| Abbildung 9 – Anzahl durchgeführter Eingriffe   | 34  |
| Abbildung 10 – Arbeitsstunden pro Tag   | 35  |
| Abbildung 11 – Anzahl Dienst-Wochenenden pro Monat  | 35  |
| Abbildung 12 – Überstunden pro Woche  | 35  |
| Abbildung 13 – Operationsstunden pro Tag  | 35  |
| Abbildung 14 – Krankheitsbedingte Fehltage  | 36  |
| Abbildung 15 – Auswirkung der ärztlichen Tätigkeit auf das Privatleben                                | 36  |
| Abbildung 16 – Persönliche Zufriedenheit mit job-inhärenten Faktoren                                  | 37  |
| Abbildung 17 – Psychische Belastung des Berufs  | 37  |
| Abbildung 18 – Zufriedenheit mit operativen Methoden  | 38  |
| Abbildung 19 – Technische Komplexität   | 38  |
| Abbildung 20 – Intraoperativer Stress   | 39  |
| Abbildung 21 – Intraoperativer Stress nach Funktion DaVinci-Verfahren                                 | 39  |
| Abbildung 22 – Intraoperativer Stress nach Funktion Laparotomie                                       | 39  |
| Abbildung 23 – Intraoperativer Stress nach Funktion Laparoskopie                                      | 39  |
| Abbildung 24 – Spaß/Freude  | 40  |
| Abbildung 25 – Ablenkung  | 40  |
| Abbildung 26 – Zeitdruck  | 41  |
| Abbildung 27 – Wahrnehmung des intraoperativen Stresses   | 41  |
| Abbildung 28 – Körperliche Belastung  | 42  |
| Abbildung 29 – Körperliche Belastung nach Funktion DaVinci-Verfahren                                  | 42  |
| Abbildung 30 – Körperliche Belastung nach Funktion Laparotomie  | 42  |
| Abbildung 31 – Körperliche Belastung nach Funktion Laparoskopie                                       | 42  |
| Abbildung 32 – Ursachen der körperlichen Belastung  | 43  |
| Abbildung 33 – Auftreten körperlicher Symptome  | 43  |
| Abbildung 34 – Häufigkeit körperlicher Symptome nach OP-Verfahren                                     | 44  |
| Abbildung 35 – Übersicht körperlicher Symptome  | 44  |
| Abbildung 36 – Psychische Belastung   | 45  |
| Abbildung 37 – Psychische Belastung nach Funktion DaVinci-Verfahren                                   | 45  |
| Abbildung 38 – Psychische Belastung nach Funktion Laparotomie   | 45  |
| Abbildung 39 – Psychische Belastung nach Funktion Laparoskopie  | 45  |
| Abbildung 40 – Ursachen psychischer Belastung   | 46  |
| Abbildung 41 – Auftreten psychischer Symptome   | 46  |
| Abbildung 42 – Symptome psychischer Belastung   | 47  |
| Abbildung 43 – Einfluss ökonomischer Erwägung auf die Wahl des OP-Verfahrens                          | 48  |
| Abbildung 44 – Relevanz der Roboterchirurgie für einen Krankenhauswechsel                             | 48  |
| Abbildung 45 – Relevanz der Roboterchirurgie für die Zukunft  | 49  |
| Abbildung 46 – Substitution der Operierenden durch neue Technologien                                  | 49  |
| Abbildung 47 – Übersicht über die Regressionsanalyse  | 63  |
| Abbildung 48 – Studienfragebogen  | 128 |



## Zusammenfassung

**Problemstellung** Das operative Setting ist für Chirurgen\*innen ein anspruchsvolles Umfeld. Hohe körperliche als auch psychische Belastung durch eine unphysiologische Körperhaltung, repetitive Bewegungsmuster, insuffiziente Erholungszeiten, hohen Stress und Anspannung summieren sich mit der Lärmbelastung, Unterbrechungen, Zeitdruck und Schlafmangel zu einer Gesamtbelastung für die Operateur\*innen. Neben diesen generellen Faktoren stellen die operativen Verfahren weitere spezifische Herausforderungen an die Chirurg\*innen, beispielsweise durch eine statische Muskelbelastung, die Invertierung und Skalierung von Bewegungen, eine ineffiziente Kraftübertragung sowie hohe visuospatiale Ansprüche. Dies kann nicht nur Chirurgen\*innen körperlich und psychisch belasten, sondern ebenfalls das operative Ergebnis negativ beeinflussen und Patientenleben gefährden.

**Forschungsfragen** In der vorliegenden Arbeit wird die Ausprägung der physischen und psychischen Belastung zwischen den operativen Verfahren Laparotomie, Laparoskopie sowie DaVinci-assistierter Roboter-Chirurgie untersucht. Es werden Faktoren identifiziert, die maßgeblich an der intraoperativen psychophysischen Beanspruchung der operativ tätigen Ärzte\*innen beteiligt sind und analysiert, ob erfahrungsspezifische Belastungsunterschiede festzustellen sind.

**Methoden** Es wurde eine online-basierte Querschnittsstudie unter 11.400 deutschen Chirurg\*innen durchgeführt. Es nahmen 910 Ärzt\*innen an der Studie teil. In der statistischen Auswertung wurden Datensätze von 124 Chirurgen\*innen berücksichtigt, die sowohl laparoskopisch als auch offen und Roboter-chirurgisch tätig sind.

**Ergebnisse** 61,29 % der Chirurg\*innen gaben an unter operativ bedingten körperlichen Symptomen zu leiden. 13,71 % bestätigten von psychischen Symptomen beeinträchtigt zu sein. Im Hinblick auf die Höhe der körperlichen Belastung zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der DaVinci-Methode und der Laparotomie sowie Laparoskopie. Diese sind physisch besonders strapazierende Verfahren, wohingegen sich das DaVinci-Verfahren als besonders schonend für die Operateur\*innen zeigt. Faktoren wie Körpergröße, Gewicht, Händigkeit, Sport pro Woche und tägliche Operationsstunden zeigten keinen Einfluss auf die körperliche Belastung. Bezüglich der

psychischen Belastung wurden zwischen allen OP-Verfahren signifikante Unterschiede festgestellt; die minimal-invasiven Methoden gehen für die Operateur\*innen mit einer erhöhten Belastungen einher. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die psychophysische Beanspruchung mit steigender Funktions-Hierarchie und damit Erfahrung abnimmt.

**Interpretation** Es konnte gezeigt werden, dass die Mehrheit der Chirurg\*innen unter körperlichen Symptomen leidet. Es konnten keine protektiven Faktoren bezüglich der körperlichen Belastung der Operateur\*innen identifiziert werden. Zwischen den OP-Verfahren existieren zum Teil statistisch signifikante Unterschiede in körperlicher und psychischer Belastung. Besonders die Laparotomie und Laparoskopie sind mit einer hohen körperlichen Belastung assoziiert. Weiterhin ergab unsere Studie, dass die Anwendung des DaVinci-assistierten Verfahrens mit einer im Vergleich zur Laparoskopie und Laparotomie leicht höheren psychischen Belastung einhergeht, was u.a. mit der Neuheit des Verfahrens als solches sowie der im Vergleich zu den konventionellen Methoden deutlich geringeren praktischen Erfahrung mit der OP-Methode erklärt werden kann.

## Abstract

**Objective** The operative setting is a challenging environment for surgeons. Physical strain, mental burdens due to intra-operational unphysiological posture, repetitive movement and insufficient recovery times create stress and psychological tension. General high noise levels, interruptions and a lack of sleep contribute to the burden of workload. In addition to these factors, the individual surgical procedures put more specific demands on the surgeon such as constant static muscle strain, inversion and scaling of movements, inefficient muscle power transmission and high visuospatial demands. Negative impact on the surgeon's body and mental well-being and adverse effects on the operative outcome are associated ramifications.

**Research Question** Aim of the present study is to examine differences in physical and psychological stress between the operative procedures of laparotomy, laparoscopy and DaVinci-assisted robotic surgery. Factors are to be identified which contribute to the evolvement of intraoperative psychophysical strain. Additionally, the impact of experience-specific differences on the perceived physical and psychological workload will be examined.

**Methods** An online cross-sectional study was conducted among 11,400 German surgeons. Answers from a total of 910 participants were collected. In the statistical analysis, the data of 124 surgeons who work in all three fields, laparoscopically and laparotomically as well as in robot-assisted operations, were included.

**Results** Of the respondents 61.29 % report operationally related physical symptoms whilst 13.71 % report psychological symptoms. Significant differences in physical exertion between the operative methods could be shown; laparotomy and laparoscopy are particularly strenuous leading to frequent physical symptoms, whereas the DaVinci method is much less physically demanding. For factors such as height, weight, handedness, sport per week and daily hours of operation no influence on the physical load could be proven. Significant differences were found between all surgical procedures for psychological stress. Minimally invasive methods led by DaVinci surgery showed to be slightly more stressful. Furthermore, we demonstrated that the psychophysical stress decreases with higher expertise of the surgeon.

**Conclusion**

The majority of surgeons suffer from physical symptoms caused by surgical work. The different operational methods are accompanied by statistically significant differences in physical and psychological stress. Laparotomy and laparoscopy in particular are associated with high physical strain. We showed that the DaVinci-assisted procedure is associated with slightly higher psychological stress than laparoscopy and laparotomy, which can be explained, among other things, by the novelty of the procedure as well as the significantly lower practical experience with the surgical method compared to conventional methods

Für meine Eltern. In großer Liebe und unendlicher Dankbarkeit.



## 1 Einleitung

Die allgemeinen Ansprüche an klinisch tätige Ärzt\*innen sind durch eine hohe Arbeitsbelastung bei steigenden Fallzahlen, Arbeitsverdichtung, Zeitdruck, Überstunden, der Zunahme von Verwaltungs- und Dokumentationsarbeit sowie straffen Hierarchien, geringer Wertschätzung und minimaler Entscheidungspartizipation gekennzeichnet. Starke körperliche und psychische Belastung zusammen mit den Herausforderungen in der Arbeitsorganisation und wachsendem Leistungsdruck resultieren in einer Zunahme ärztlicher Beanspruchung. Dies wirkt sich maßgeblich auf das psychophysische Wohlbefinden der Individuen aus (Keller et al. 2010; Markwardt 2007; Stern 1996; West et al. 2014; Gothe et al. 2007). Es ist bekannt, dass Zeit- und Leistungsdruck oftmals mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen für das Individuum einhergehen und zahlreiche Studien zeigen, dass vor allem Ärzt\*innen einem stark belastenden Arbeitsumfeld mit Job-spezifischen körperlichen und psychischen Strapazen ausgesetzt sind (Schulz-Dadaczynski 2017).

Darüber hinaus ist für Chirurg\*innen das operative Handwerk mit hohen körperlichen Anstrengungen verbunden. Berguer schreibt: „Surgery requires a high level of intellectual preparation, an efficient and controlled workspace, fine motor skills, physical endurance, problem-solving skills, and emergency response skills.“ (Berguer 1999, S. 1011). Die körperliche Belastung, die mit der arbeitsbedingten operativen Tätigkeit einhergeht, und deren Auswirkungen werden seit einigen Jahren evaluiert. Neben repetitiven Bewegungsmustern, andauernder statischer Muskelbelastung, unphysiologischer Körperhaltung und insuffizienten Erholungszeiten stellen die Länge und Anzahl der Belastungssituationen Risikofaktoren für die Operateur\*innen und ihre körperliche Gesundheit dar (Miller et al. 2012; Berguer et al. 1997; Gofrit et al. 2008; Punnett et al. 2004, S. 14). Die Ausprägung dieser körperlichen und psychischen Belastung variiert zwischen den drei operativen Verfahren Laparotomie, Laparoskopie sowie DaVinci-assistierter Roboter-Chirurgie. Die Unterschiede der körperlichen und psychischen Belastung zwischen diesen Methoden sollen in der vorliegenden Arbeit evaluiert werden.

## 1.1 Die allgemein psychophysische Belastung von (chirurgisch) tätigen Ärzt\*innen

Circa 40 % der Ärzteschaft arbeitet wöchentlich 60 Stunden oder mehr und damit durchschnittlich zehn Stunden länger pro Woche als andere Arbeitnehmer-Gruppen (Shanafelt et al. 2012, S. 1381). In einer Umfrage vom Marburger Bund beantworten 83 % der Befragten die Frage, ob „die Gestaltung der Arbeitszeiten sie in Ihrer Gesundheit beeinträchtigt“ mit *ja*. 76 % beurteilen die Arbeitsbedingungen mit *mittelmäßig* bis *sehr schlecht*. Für das Individuum *Arzt* geht dies mit einer hohen psychiatrischen Morbidität, hohen Raten an emotionaler Erschöpfung und psychologischem Disstress einher (Roth 2011, S. 24). Insbesondere die fehlende Anerkennung bei starker beruflicher Anforderung scheint bei jungen Ärzt\*innen zu einer Beeinträchtigung des physischen und psychischen Wohlbefindens sowie zur Abnahme der Lebenszufriedenheit zu führen (Buddeberg-Fischer et al. 2008). Zehn bis 15 % der Mediziner\*innen entwickeln im Laufe ihres Lebens Probleme mit Substanzabhängigkeit oder -missbrauch (Reimer et al. 2005, S. 383). 30 % der Ärzt\*innen leiden im ersten Jahr der Assistenzarztzeit unter einer depressiven Symptomatik. Internationale Studien zeigen weiterhin, dass die Suizidraten bei Ärztinnen um den Faktor 2,5 bis 5,7 und bei Ärzten um den Faktor 1,3 bis 3,4 höher im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung sind (Reimer et al. 2005, S. 382; Markwardt 2007). Allein in den USA suizidieren sich jährlich zwischen 300–400 Ärzt\*innen (Prendergast et al. 2017, S. 364).

Arbeitsbezogene Anforderungen können zu einer Burnout-Symptomatik mit charakteristischer Triade von emotionaler Verausgabung, Depersonalisierung und vermindert wahrgenommenem persönlichen Erfolg führen. In einer Studie aus dem Jahr 2008 gibt die Hälfte der befragten amerikanischen Chirurg\*innen Burnout-typische Symptome an. 40 % der Befragten zeigen die Vollsymptomatik eines Burnouts und 30 % depressionstypische Symptome (Shanafelt et al. 2012, S. 1384; Shanafelt et al. 2009, S. 463). Eine Studie von Klein et al. kommt unter deutschen Ärzt\*innen auf ähnliche Zahlen: knapp 50 % der über 1300 befragten Chirurg\*innen sind Burnout-exponiert. Daneben geben 21 % der Befragten an, häufig oder manchmal diagnostische Fehler und 15 % therapeutische Fehler zu begehen (Klein et al. 2010, S. 526). Dadurch kann nicht nur die Arbeitsproduktivität, sondern letztlich auch die Sicherheit der Patient\*innen negativ beeinflusst werden (Dewa et al. 2014; Gothe et al. 2007). Insbesondere Chirurg\*innen scheinen im Vergleich mit anderen kurativ tätigen Arztgruppen psychophysisch besonders gefährdet: sie zeigen höhere Burnout-Raten, eine geringere

## 1. Einleitung

### 1.1 Die allgemein psychophysische Belastung von (chirurgisch) tätigen Ärzt\*innen

Arbeitszufriedenheit sowie subjektiv wahrgenommen eine schlechtere Work-Life-Balance. Vor allem weibliche Chirurginnen und junge Ärzt\*innen haben ein höheres Risiko für Burnout und Burnout-typische Symptome als ältere Kolleg\*innen (Hirayama et al. 2016; Shanafelt et al. 2012; Aasland et al. 1997; Shanafelt et al. 2009; Klein et al. 2010; Upton et al. 2012; Prendergast et al. 2017).

Übersteigen körperliche oder psychische Anstrengungen die dem Individuum zur Bewältigung zur Verfügung stehenden Ressourcen, resultiert dies in einem subjektiven Stresserlebnis. Körperlicher als auch geistiger Stress können positive Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit haben und in einer Steigerung von Konzentration, Wachsamkeit und Effizienz resultieren. Wenn Stresslevel jedoch zu stark steigen und die individuellen Bewältigungs-Ressourcen ausgeschöpft sind, antwortet das Individuum durch physische, emotionale, kognitive sowie verhaltens-assozierte Veränderungen (Wetzel et al. 2006, S. 7 ff. Andreatta et al. 2010).

Eine qualitative Analyse von Wetzel et al. ergab, dass Stress bei Operateur\*innen negative Auswirkungen auf das operative Urteilsvermögen, das Entscheidungsverhalten sowie die Kommunikation hat (Wetzel et al. 2006, S. 9). Hinsichtlich der mentalen Beanspruchung scheinen erfahrene Chirurg\*innen weniger beeinträchtigt zu sein als jüngere Kolleg\*innen, was unter anderem auf bessere Stress-Management-Fähigkeiten und Übungseffekte zurückgeführt werden kann (Marrelli et al. 2014; Berguer et al. 2001; Böhm et al. 2001; Hassan et al. 2006; Wetzel et al. 2006; Yu et al. 2016).

In den letzten zwei Jahrzehnten wird im In- als auch im Ausland zunehmend ein Augenmerk auf die Themen Patientensicherheit sowie medizinische Risiken und ärztliche Fehler gelegt, nachdem das amerikanische Institute of Medicine (IOM) einen Report mit dem Titel *To Err is Human. Building a safer health system.* veröffentlichte (Kohn et al. 2000). In diesem Bericht werden Kennziffern für die Qualität der Gesundheitsversorgung der USA erhoben. Neben der durch medizinische Fehler bedingten Patienten-Letalität, die sich auf 44 000 bis 98 000 Personen pro Jahr beläuft, werden ebenso wirtschaftliche Zusatzkosten durch medizinische Fehler in Höhe von jährlich etwa 17 Milliarden US-Dollar beziffert (Kohn et al. 2000, S. 2; 41).

De Vries et al. schätzen, dass knapp eine beziehungsweise (bzw.) einer von zehn Patient\*innen im stationären Setting von adversen Events, sprich Ereignissen, die in einem konsekutiven Schaden für das Individuum resultieren, betroffen ist. 43,5 % dieser

Ereignisse seien vermeidbar und 40 % seien auf operationsbedingte Umstände zurückzuführen (De Vries et al. 2008, S. 216).

Neben den genannten *menschlichen Faktoren* hat ebenso die (ergonomische) Gestaltung von medizinischen Geräten und Produkten Auswirkungen auf die Patientensicherheit: es wird geschätzt, dass aufgrund des unzureichenden Designs von Medizingeräten in den USA jährlich bis zu 650 000 unbeabsichtigte Patientenverletzungen erfolgen (Berguer 1999, S. 1012).

Stress und Burnout ist bei Ärzt\*innen ein allgegenwärtiges Phänomen. Dieser Umstand führt sowohl zu einer Abnahme der Versorgungsqualität als auch der Patientensicherheit sowie zu einer Zunahme medizinischer Fehler mit hohen wirtschaftlichen Folgekosten (Klein et al. 2010; West et al. 2014; Fuß et al. 2008; Upton et al. 2012; Hirayama et al. 2016; Shanafelt et al. 2009; Shanafelt et al. 2017; Shanafelt et al. 2012; Fahrenkopf et al. 2008; Dewa et al. 2014; Gothe et al. 2007; Halbesleben et al. 2008; Keller et al. 2010). Gothe et al. fasst wie folgt zusammen: „das [...] Arbeitsumfeld [ist] eine der zentralen Determinanten des ärztlichen Wohlbefindens [...]. Belastende Arbeitsbedingungen können sich in unzureichenden Arbeitsergebnissen und negativen Resultaten auf Patientenseite ausdrücken. Dadurch kann die Versorgungsqualität ero-dieren [sic] und sich letztlich als „teurer“ Bilanzposten er-weisen [sic] – für den einzelnen Arzt, für die Institution, in der er tätig ist, und für das Gesundheitswesen insgesamt“ (Gothe et al. 2007, S. 1398).

Chirurgisch tätige Ärzt\*innen verbringen 16 Stunden pro Woche im OP (Shanafelt et al. 2009, S. 465). 70 % dieser Zeit stehen die Operateur\*innen statisch am Tisch und manipulieren je nach OP-Methode entweder mit Händen oder mit zwei laparoskopischen oder mehreren DaVinci-Armen in den Körperhöhlen der Patient\*innen (Radermacher et al. 1996). Es wurde in der industriellen Ergonomie-Forschung bereits vor Jahren belegt, dass sowohl lang andauernde statische als auch dynamische Haltung zu Fatigue, körperlichen Beeinträchtigungen und muskuloskeletalen Dysfunktionen führt (Berguer 1999, S. 1013; Punnett et al. 2004). Erneut sind von den Folgen nicht nur Operierende und deren körperliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit betroffen. Aufgrund der Beeinträchtigung der Operateur\*innen werden ebenso adverse Effekte auf Patienten-Outcomes und monetäre Einbußen der Leistungserbringer beschrieben (Gofrit et al. 2008; Ruitenburg et al. 2013; Stomberg et al. 2010; Van Veelen et al. 1999; Szeto et al. 2009; Vereczkei et al. 2003).

## 1. Einleitung

### 1.1 Die allgemein psychophysische Belastung von (chirurgisch) tätigen Ärzt\*innen

Die Auswirkungen dieser körperlichen Belastung der Chirurg\*innen auf Patienten-Outcomes konnte bereits quantifiziert sowie qualifiziert werden: eine Studie von Yurko et al. zeigt, dass eine höhere physische Arbeitsbelastung mit einer Zunahme von unbeabsichtigten Gewebe-Verletzungen einhergeht (Yurko et al. 2010). Gerade die physischen und psychomotorischen Antworten auf intraoperativen Stress, wie Muskelzittern und abnehmende Fingerfertigkeit sowie ein generelles körperliches Unwohlsein können Fehler während der Operation begünstigen (Wetzel et al. 2006). Daneben findet man in der Literatur Hinweise, dass die operative Tätigkeit ebenso mit einem erhöhten kardiovaskulären Risiko für die Operateur\*innen einhergeht (Foster et al. 1978; Bergovec et al. 2008; Payne et al. 1986).

Der Prozentsatz der Chirurg\*innen, die arbeitsbedingt muskuloskeletale Symptome aufweisen, schwankt je nach Studie stark und erreicht bis zu 87 % (Szeto et al. 2009; Soueid et al. 2010; Capone et al. 2010; Park et al. 2010). In einer Studie von Miller et al. zeigten 100 % der befragten laparoskopisch tätigen Operateur\*innen mindestens ein körperliches Symptom, das die Befragten auf die intraoperative, körperliche Belastung zurückführten (Miller et al. 2012). In einer Umfrage unter amerikanischen Chirurg\*innen gaben 40 % der Befragten eine oder mehrere arbeitsbedingte Verletzungen an. Aufgrund dieser Verletzungen gaben 22 % bzw. 35 % der befragten Operateur\*innen an krankheitsbedingt bereits ausgefallen zu sein bzw. weniger Operationen durchführen zu können (Davis et al. 2014, S. 209 ff.).

Neben den Operations-inhärenten Faktoren wie hohen Geräuschpegeln von 80 bis 100 dB im Operationssaal, schlechter Ergonomie sowie ständigen Unterbrechungen sind Operateur\*innen den bereits beschriebenen Job-assoziierten Stressoren wie Zeitdruck, hoher Arbeitsbelastung und Schlafmangel ausgesetzt (Moorthy et al. 2003, S. 1481; Rodrigues et al. 2012). Laut einer Studie von Davis et al. sind 60 % der befragten Operateur\*innen von Schlafmangel betroffen. Dieses häufige Symptom der Tätigkeit der Chirurg\*innen kann nach Taffinder et al. zu einer 20 % höheren Fehlerquote sowie einem 14%igen Anstieg der durchschnittlichen Operationsdauer führen (Taffinder et al. 1998, S. 1191; Davis et al. 2014, S. 209).

In einer Studie aus dem Jahr 2012 wird die Häufigkeit von umgebungsbedingten – zumeist sachfremden – Unterbrechungen im Operationssaal untersucht: In dieser Studie zeigten sich im Durchschnitt alle 125 Sekunden während minimalinvasiver und alle 111 Sekunden während offener Operationen Unterbrechungen. Von diesen Unterbrechungen

werden von den Operateuren 17,6 % während der minimalinvasiven Eingriffe und 8,8 % während der offenen Prozedur als störend empfunden (Rodrigues et al. 2012, S. 353). Nimmt man eine durchschnittliche Operationszeit von drei Stunden an, so summiert sich die Anzahl der Unterbrechungen bei minimalinvasiven OPs auf 86 und bei offener Operationsmethode auf 97 Unterbrechungen. Auch hier zeigen Studien, dass eine hohe intraoperative Ablenkung zu einer Abnahme der operativen Leistungsfähigkeit, einer erhöhten Operationsdauer und der Zunahme chirurgischer Fehler führen kann (Weigl et al. 2016; Yurko et al. 2010; Wiegmann et al. 2007; Yu et al. 2016, S. 1566).

Es lässt sich festhalten, dass sich neben den allgemein Job-assoziierten Stressoren, der Operations-inhärenten körperlichen Belastung, dem häufig unergonomischen Design der Operationsinstrumente, auditive und mentale Faktoren sowie konstantes Multitasking zu einem körperlichen und mentalen Gesamtstresslevel für die Operateur\*innen summiert. Dies hat sowohl Konsequenzen für die Chirurg\*innen als auch für den Patienten bzw. die Patientin und geht mit wirtschaftlichen Folgekosten einher.

## 1.2 Die Evolution der Chirurgie

Die ersten Spuren chirurgischer Manöver reichen bis in die mesolithische Zeit (circa 5 000–10 000 vor Christus) zurück: Funde von Schädeln mit Trepanations-Zeichen wurden unter anderem in Peru entdeckt (Rutkow 2000; Norton et al. 2001; Petrone et al. 2015). Mit der Erweiterung der anatomischen Kenntnisse, wie unter anderem durch die Veröffentlichung der Arbeit *De Humani Corporis Fabrica* (1543) von Andreas Vesalius, entwickelte sich über die Jahrhunderte hinweg die operative Finesse sowie das eingesetzte Instrumentarium in Form, Material und Design; vom anfänglich sondierenden Zeigefinger, über angespitzte Knochen und Äste, zu Zangen, Pinzetten, Skalpell, über Endoskope zu Roboterarmen (Gawande 2012, S. 1722).

„The technological refinement of our abilities to manipulate the human body has been nothing short of miraculous. [...] (...) (T)he past quarter century has brought minimally invasive procedures, the next may bring the elimination of invasion.“ schreibt der Mediziner Atul Gawande (Gawande 2012, S. 1722). Tatsächlich machte die Chirurgie innerhalb weniger Jahrhunderte große Fortschritte: von Anfängen mit immens hoher Sterblichkeit und barbarischen Torturen für die Patient\*innen, in welchem sich der Chirurg

durch eine feste Hand, scharfe Augen und ein unerschütterliches Gemüt auszeichnete, über Äthernarkose und Antisepsis zu Cyborg-ähnlichen Szenarien (Eckart 2017, S. 24).

### 1.2.1 Die Laparotomie

Die Geschichte der chirurgischen Methoden beginnt mit der Laparotomie, worunter in der Medizin die Eröffnung der Bauchhöhle via Bauchschnitt zu therapeutischen oder diagnostischen Zwecken verstanden wird. Die ersten offen chirurgischen Versuche wurden bereits im 4. Jahrhundert vor Christus durch den griechischen Arzt Praxagoras (\* um 340 vor Christus; † unbekannt) unternommen (Dieffenbach 1848). Auch von Aulus Cornelius Celsus (\* um 25 vor Christus; † um 50 nach Christus) sind Parazentesen überliefert und Galenos von Pergamon (\* um 128; † um 199) hielt in seinen Schriften Anleitungen für abdominelle Eingriffe fest (Schlich 2018, S. 177). Bereits im 16. Jahrhundert finden sich Überlieferungen zur Anwendung von Laparotomien bei extrauteriner Gravidität. Die erste überlieferte elektive und zu kurativen Zwecken gedachte Laparotomie wurde in den USA, in der Stadt Danville, Kentucky, im Jahre 1807 durchgeführt. Der Chirurg Ephraim McDowell (\* 1771, † 1830) behandelte seine 46-jährige Patientin mit großer Ovarial-Zyste auf seinem Küchentisch. Die Patientin überlebte die Prozedur unbeschadet (Ellis 2008; Schlich 2018, S. 177 f.).

### 1.2.2 Die Laparoskopie

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kam es zur Erfindung der minimalinvasiven Chirurgie (MIC), ein Begriff geprägt vom britischen Urologen John Ewart Alfred Wickham (Litynski 1999, S. 747 f.). Es entwickelte sich ein umfassendes Gebiet, das heute mehr als 2500 unterschiedliche Prozeduren beinhaltet und weltweit mehr als 300 Millionen operativer Eingriffe jährlich umfasst (Gawande 2012; Schlich 2018, S. 1 ff.). Bei der Anzahl der jährlichen operativen Eingriffe zeigt sich nicht nur die medizinische, sondern ebenfalls gesundheitsökonomische Signifikanz der minimalinvasiven Chirurgie (Weiser et al. 2016, S. 203; Childers et al. 2018).

Die Laparoskopie stellt das Teilgebiet der Chirurgie dar, in dem mit Hilfe optischer Instrumente Eingriffe innerhalb der Bauchhöhle vorgenommen werden. Der Begriff der

*Laparoskopie* wurde vom schwedischen Chirurgen Hans Christian Jacobaeus geprägt, der 1910 den ersten laparoskopischen Eingriff am Menschen durchführte (Litynski 1997; Kelley 2008; Vilos et al. 2007). Die Laparoskopie stellt den Beginn in der Geschichte der minimalinvasiven Chirurgie dar.

Bei der chirurgischen Methode der Laparoskopie werden zunächst durch 0,3–2 cm lange Hautschnitte an der Bauchdecke Trokare in die Bauchhöhle des/der Patienten\*in eingebracht. Durch diese Trokare, die die Zugänge in den Bauchraum bilden und nach außen abdichten, können Optiken (Endoskope oder Laparoskope) sowie spezielle für diagnostische und therapeutische Maßnahmen geeignete Greif- und Schneideinstrumente ins Körperinnere eingebracht werden. Um die Übersichtlichkeit des Operationsgebietes zu gewährleisten, wird bei einem operativen Eingriff mittels Veres-Kanüle der Intraabdominalraum mit Gas gefüllt bis ein Pneumoperitoneum entsteht (Vilos et al. 2007).

Neben der breiten Adaptation der Technik erfolgten über die letzten Jahrzehnte fortwährend technologische Weiterentwicklungen, wie unter anderem die 3D-Laparoskopie, bei der die Operateur\*innen intraoperativ eine 3D-fähige Brille tragen, um das Problem der fehlenden Tiefenwahrnehmung zu beheben (Wenzl et al. 1993, S. 776). Dies resultiert neben einem optimierten Überblick über das Operationsgebiet und einer besseren Orientierung in verkürzten Operationszeiten (Wenzl et al. 1993; Baum et al. 2017; Wagner et al. 2012). Eine Weiterentwicklung der Laparoskopie als Operationstechnik stellt neben der *Single-Port-Laparoskopie* (SPL) das Verfahren der *Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery* (NOTES) dar. Bei der SPL genügt durch die Anwendung eines sogenannten Multiport-Systems eine singuläre Inzision zur Einführung des Instrumentariums. Beim NOTES-Verfahren werden dagegen ausschließlich anatomisch bestehende Körperhöhlen und/oder Hohlgane als Zugangsweg verwendet (Zorrón et al. 2007; Benhidjeb et al. 2012; Yeola et al. 2017). Darüber hinaus kommen Anwendungen aus dem Bereich der *Augmented Reality* (AR) in der Laparoskopie zum Einsatz. Die AR ermöglicht beispielsweise die Projektion digitaler Bilder oder Graphiken in den Operationssitus (Bernhardt et al. 2017).

Die Vorteile der Laparoskopie für den Patienten bzw. die Patientin reichen von einer kürzeren Hospitalisierung durch eine schnellere Rekonvaleszenz, minimalem Wundschmerz und einem geringen Risiko für Verwachsungen und Herniationen zu einer niedrigeren perioperativen Morbidität, überlegenen kosmetischen Ergebnissen sowie

einer besseren postoperativen Immunfunktion. Die Limitationen des Verfahrens ergeben sich vor allem in technischer und mechanischer Art für die Operateur\*innen: Anatomische Freiheitsgrade der menschlichen Hand bzw. des Handgelenks werden limitiert, haptisches Feedback und die intuitive Hand-Augen-Koordination gehen verloren und eine größere Kraftanstrengung ist erforderlich. Darüber hinaus können Tremor-Übersetzungen auf die rigiden Instrumentarien sowie längere OP-Zeiten Patient beziehungsweise Patientin und operatives Ergebnis in Mitleidenschaft ziehen (Lanfranco et al. 2004).

### 1.2.3 Die Roboter-assistierte Chirurgie

Die Roboter-assistierte Chirurgie fällt ebenso wie die Laparoskopie in das Gebiet der minimalinvasiven Chirurgie (MIC) und stellt eine weitere Evolutionsstufe innerhalb der MIC dar. Das DaVinci-System ist weltweit das am häufigsten eingesetzte Roboter-System. Anwendung findet die Roboter-assistierte Chirurgie vor allem in den Bereichen der Gynäkologie, Urologie sowie abdominellen Chirurgie. Laut Intuitive Surgical Inc., Hersteller-Firma des DaVinci-Systems, werden bereits mehr als 70 % aller Hysterektomien und Prostatektomien mittels DaVinci durchgeführt (Giri et al. 2012).

Das DaVinci-System setzt sich aus drei Einheiten zusammen: Bedient und gesteuert wird die Operation mit Hilfe der *Master-Unit*, in der ein vergrößertes 3D-Bild des Operationsfeldes gezeigt wird, das dem Operierenden eine räumliche Tiefenwahrnehmung ermöglicht. Die *Master-Unit* ist mit Bedienelementen wie Fußpedalen und Handmanipulatoren ausgestattet, über die die sogenannte *Slave-Unit* angesprochen werden kann. Diese Einheit besitzt vier Roboter-Arme. Einer dieser Arme hält die Kamera, die anderen drei Arme die sogenannten *EndoWrist-Instrumente*. *EndoWrist-Instrumente* sind spezielle für DaVinci-Operationen verfügbare Instrumentarien, die sieben Freiheitsgrade besitzen und damit den Zugang zu schwer erreichbaren anatomischen Gebieten und das Manövrieren in sonst der konventionellen Laparoskopie unzugänglichen Gebieten erleichtern. Die dritte Einheit stellt den *Vision-Cart* dar, auf dem neben einem Bildschirm für den Assistenten, ein Insufflator und weitere notwendige Hardware untergebracht sind (Oliveira et al. 2012).

Auch beim DaVinci-System gibt es erste Bestrebungen mittels Augmented Reality den Operateur\*innen zeitgleich radiologische Bilder für eine bessere anatomische Orientierung in das 3D-Bild einzublenden.

Haupterrungenschaft der Roboter-Technologie stellt die Möglichkeit dar, komplexe Eingriffe mit begrenzten humanen Ressourcen durchzuführen. Dies übersteigt die Möglichkeiten der traditionellen Laparoskopie (Kelley 2008, S. 355). Darüber hinaus addiert sich im Vergleich zur konventionellen Laparoskopie eine Vielzahl weiterer performanter Funktionen hinzu, wie im weiteren Verlauf ausgeführt wird.

### 1.3 Psychophysische Anforderungen operativer Verfahren

Neben der beschriebenen hohen allgemeinen körperlichen und psychischen Belastung chirurgisch tätiger Ärzt\*innen, konnten Unterschiede in der Belastungsintensität unterschiedlicher Operationsmethoden nachgewiesen werden. In multiplen Studien wurde gezeigt, dass vor allem minimalinvasive Operationsmethoden für die Operateur\*innen sowohl technisch als auch körperlich anspruchsvoller sind und mit einer höheren kognitiven und mentalen Beanspruchung einhergehen (Cuschieri 1995; Vereczkei et al. 2003; Berguer 1999; Berguer et al. 2001; Berguer 1998; Radermacher et al. 1996; Park et al. 2010; Punnett et al. 2004; Berguer, Forkey, et al. 1998; Van Veelen et al. 2003; Van Veelen et al. 1999; Berguer et al. 2003).

#### 1.3.1 Operationsspezifische körperliche Anforderungen

Gerade bei laparoskopischen OP-Methoden sind die Chirurg\*innen aufgrund des fixierten Zugangspunktes in ihren Bewegungsmöglichkeiten für die Dauer der Operation stark eingeschränkt. Der in der Literatur beschriebene *laparoskopische Daumen* ist nur eines der für die Operateur\*innen typischen Symptome dieser Zugangsmethode. Hier kommt es in Folge der unergonomischen Griffe der laparoskopischen Instrumentarien zu Nervenkompression(en) und chronischen Folgeschäden (Kano et al. 1995; Majeed et al. 1993; Berguer, Forkey, et al. 1998; Inaki et al. 2007; Horgan et al. 1997; Lawther et al. 2002). Da bei der Laparoskopie die Hand-Bewegungen der Operateur\*innen zu kontralateralen Effekten am Instrumentarium führen, bedürfen die Bewegungen einer Invertierung sowie Skalierung, was als Fulcrum-Effekt bezeichnet wird. Die ineffiziente

Kraftübertragung der menschlichen Muskelkraft bei der Laparoskopie auf das Instrumentarium bedeutet für die Operierenden eine bis zu sechsfach größere Kraftanstrengung als im Vergleich zum offenen Verfahren (Vereczkei et al. 2003; Berguer 1998; Berguer, Gerber, et al. 1998; Nisky et al. 2012). Darüber hinaus ist die unergonomische Gewichtsverteilung – durch den oft einbeinigen Stand der Operierenden bei Bedienung der Fuß-Pedale – einseitig belastend und kann neben Beinschmerzen zu Rückenschmerzen und muskulären Dysbalancen führen. Die Elevation der Schultern über die Dauer der OP führt überdies zu Schulterschmerzen und Taubheit, insbesondere bei nicht angemessener Tischhöhe oder Instrumentenlänge (Gofrit et al. 2008).

In den letzten Jahren wurden unterschiedliche Begriffe wie *Minimal access surgery (MAS)-related surgeon morbidity syndrome*, *surgical fatigue syndrome* oder *overuse syndrome* zur Beschreibung der durch die minimalinvasiven Methoden verursachten physischen Belastungssymptome der Operateur\*innen geprägt (Reyes et al. 2006; Vereczkei et al. 2003). Unter dem *surgical fatigue syndrome* wird ein Symptomkomplex aus physischer und psychischer Belastung, bestehend aus „mentaler Verausgabung, zunehmender Irritabilität, abnehmendem Urteilsvermögen und reduzierter Geschicklichkeit“, verstanden (Cuschieri 1995, S. 11). Das *overuse syndrome* beschreibt die Beanspruchung einzelner oder mehrerer Muskelgruppen bedingt durch eine lange und repetitive Tätigkeit, die in Folge zu akuten Schmerzsyndromen, Neurapraxie, Neuralgien, Parästhesien oder zu chronischen Schäden führen kann. Der Begriff des *Minimal access surgery (MAS)-related surgeon morbidity syndrome* als Überbegriff vereint die genannten Symptom-Komplexe (Reyes et al. 2006, S. 2, 5).

In einer Studie aus dem Jahr 2010 geben 87 % der laparoskopisch tätigen Ärzt\*innen an, unter Symptomen oder Verletzungen, bedingt durch die operative Arbeit, zu leiden (Park et al. 2010). Insgesamt finden sich in der Literatur stark schwankende Prävalenzzahlen: Je nach Studie wird die Häufigkeit operativ induzierter körperlicher Symptome bzw. Verletzungen der Chirurg\*innen mit 12 % bis 73 % beziffert (Van Veelen et al. 2003; Berguer 1999; Van Veelen et al. 1999; Reyes et al. 2006; Mohammad Mirbod et al. 1995; Sari et al. 2010; Gofrit et al. 2008) .

In einer Metaanalyse, in die mehr als 5000 Operateur\*innen einbezogen wurden, zeigten Stucky et al., dass 68 % der befragten Chirurg\*innen unter generalisierten Körperschmerzen leiden. Lokalisierte Schmerzen wurden insbesondere im Rücken, Nacken, Arm und in der Schulter angegeben. Weiterhin wurden von 71 % der befragten

Operateur\*innen Fatigue, von 37 % Taubheitsgefühle und von 45 % Steifigkeit angegeben. Im Vergleich der minimalinvasiven und offenen operativen Methoden, ergaben sich für minimalinvasiv tätige Operateur\*innen teils signifikant höhere Prävalenz-Zahlen: Schmerzen im Bereich des Rückens wurden von 54 % der minimalinvasiven versus 37 % der offen tätigen Chirurg\*innen angegeben. Ähnlich verhält es sich mit den Prävalenz-Zahlen für Schmerzen im Bereich des Nackens (55 % versus 31 %) und der Arme beziehungsweise Schultern (53 % versus 19 %). Weiterhin wurden von den minimalinvasiv Operierenden höhere Raten an Fatigue (83 % versus 37 %) berichtet (Stucky et al. 2018, S. 3 ff.).

Neben der subjektiven Erfassung von Symptomen zeigten auch Messungen objektiver physiologischer Marker eine höhere Muskelanspannung und damit eine höhere körperliche Beanspruchung der Operateur\*innen bei laparoskopischen Verfahren im Vergleich zu offenen chirurgischen Techniken (Berguer et al. 2003). Diese höhere Beanspruchung kann mit einer Abnahme der psychomotorischen Leistung der Operateure\*innen einhergehen: Eine Studie von Berguer et al. zeigt exemplarisch die Abnahme der Anzahl geknüpfter Knoten bei steigender mentaler und körperlicher Belastung bei laparoskopischen Eingriffen (Berguer et al. 2001).

In einer Studie aus dem Jahre 1999 gibt die Mehrzahl der Befragten an, dass die Wahl der OP-Methode und des Instrumentariums wirtschaftlichen Zwängen unterliegt. In einer Studie aus dem Jahre 2012 gibt knapp ein Drittel der befragten Operateur\*innen an, dass persönlicher körperlicher Komfort die Wahl des Operationsverfahrens beeinflusst (Van Veelen et al. 1999; Plerhoples et al. 2012, S. 68).

Beim Roboter-chirurgischen Verfahren wurden viele der Nachteile der Laparoskopie korrigiert: Die Vorteile für die Operateur\*innen erstrecken sich von einer Tremor-Reduktion, der Wiederherstellung der Hand-Augen-Koordination, zu einer Bewegungs- und Kraftskalierung bei Eliminierung des Fulcrum-Effektes bis hin zu einer ergonomischen Sitzposition. Weiterhin ermöglichen höhere Freiheitsgrade des Instrumentariums Operationen in Körperhöhlen, die der konventionellen Laparoskopie verwehrt bleiben. Auch die eingeschränkte Übersicht über das Operationsgebiet wird durch die inkorporierte 3D-Visualisierung zur räumlichen Tiefenwahrnehmung verbessert (Sanagoo 2015; Plerhoples et al. 2012). Laut Literatur zeigen Roboter-chirurgische Verfahren eine präzisere operative Methodik mit weniger operativen Fehlern insbesondere bei schwierigeren Aufgaben sowie eine schnellere Lernkurve für die

Chirurg\*innen (Nio et al. 2002; Stefanidis et al. 2010; Klein et al. 2012; Ruurda et al. 2004; Dakin et al. 2003; Panait et al. 2014; Lanfranco et al. 2004, S. 17). Trotz oder eben wegen dieser genannten Vorteile ergeben sich hohe Ansprüche an die psychomotorischen und visuospatialen Fähigkeiten der Operierenden (Lanfranco et al. 2004).

Eine Vielzahl von Studien konnte eine signifikant höhere Beanspruchung der Muskulatur von laparoskopisch tätigen Operateur\*innen nachweisen. Insbesondere die obere Extremität ist im Vergleich zu offenen chirurgischen Maßnahmen oder DaVinci-assistierten Operationen signifikant höheren muskulären Beanspruchungen ausgesetzt (Berguer et al. 2001; Uhrich et al. 2002; Berguer et al. 2006; Hubert et al. 2013). In einer Studie aus dem Jahr 2011 wurden Unterschiede der körperlichen Belastung von Operateur\*innen, die die drei OP-Verfahren Laparotomie, Laparoskopie und DaVinci durchführen, herausgearbeitet. 77 % der befragten Operateur\*innen geben in der Studie an, unter physischen Symptomen zu leiden. Hiervon attribuieren 55,4 % die Symptome der laparoskopischen, 36,3 % der offen chirurgischen und 8,3 % der Roboterchirurgischen Tätigkeit (Plerhoples et al. 2012, S. 65). Die Roboter-Chirurgie verursacht im Vergleich mit der offenen und laparoskopischen Chirurgie signifikant weniger Symptome im Bereich des Nackens, des Rückens, der Hüfte, des Knies und des Fußes. Weiterhin sinkt die Prävalenz von Schmerzen im Bereich der Schultern und ebenfalls im Bereich des Ellenbogens und Handgelenks. Dahingegen sind Augen und Finger der Operateur\*innen beim Roboter-assistierten Verfahren besonders belastet (Plerhoples et al. 2012, S. 70).

Lee et al. evaluierten in ihrer Studie die ergonomischen Risiken minimalinvasiver Operationsmethoden und zeigten eine signifikant niedrigere Belastung der Operateur\*innen bei Roboter-assistierten Operationen (Lee et al. 2005). Moore et al., Panait und Kollegen sowie Hubert et al. kommen in ihren Studien zu dem Ergebnis, dass die Roboter-Chirurgie für den Operierenden mit einer geringeren physischen Arbeitsbelastung einhergeht (Moore et al. 2015; Panait et al. 2014; Hubert et al. 2013). Darüber hinaus führten Hubert et al. in ihrer Studie auch objektivierbare Messungen mittels Herzfrequenz- sowie EMG-Bestimmungen durch. Auch diese zeigten signifikant niedrigere Ergebnisse für das Roboter-assistierte Verfahren (Hubert et al. 2013).

### 1.3.2 Operationsspezifische psychische Anforderungen

Neben der Betrachtung der operativen, körperlichen Anstrengungen für Chirurg\*innen wurde in den letzten Jahren auch die psychische Belastung und Beanspruchung der Operateur\*innen bei unterschiedlichen Operationsmethoden in den Vordergrund gerückt. Verschiedene Studien dokumentieren, dass ein Missverhältnis zwischen Arbeitsbelastung und verfügbaren Ressourcen sowohl zur Erhöhung der Stresslevel und Verschlechterung der chirurgischen Leistung als auch zur Entstehung iatrogenen Fehler und adverser Effekte für den Patienten bzw. die Patientin führt (Yu et al. 2016; Yurko et al. 2010; Weigl et al. 2016; Arora, Sevdalis, et al. 2010; Grantcharov et al. 2019). Eine Erhöhung des Stresslevels zieht nicht nur die technischen, sondern ebenso die nicht-technischen Fähigkeiten wie Kommunikation und Entscheidungsfindung der Operateur\*innen in Mitleidenschaft (Arora, Sevdalis, et al. 2010).

Studien zeigen, dass verschiedene Operationsmethoden die Operierenden nicht nur physisch unterschiedlich belasten, sondern auch psychisch. So konnte gezeigt werden, dass die Anforderung an die mentale Leistung der Operateur\*innen bei minimalinvasiven Verfahren höher ist als bei der offenen Methode und in höheren mentalen Stress-Leveln resultiert. Diese höhere Belastung, die aus der Durchführung minimalinvasiver Operationsmethoden oder unzulänglicher organisatorischer, umgebungs- oder teambedingter Faktoren resultiert, kann durch mentale Anstrengungen kompensiert werden. Durch eine frühere Ermüdung und Entkräftung der Operateur\*innen kann dies jedoch in einer schlechteren operativen Leistung resultieren (Berguer et al. 2001; Yu et al. 2015; Berguer et al. 2006; Böhm et al. 2001; Gofrit et al. 2008; Vereczkei et al. 2003; Moorthy et al. 2003; Cuschieri 1995). Aber auch hier muss erneut zwischen der Art der minimalinvasiven Methode unterschieden werden. Diesbezüglich zeigen sich auch bei der psychischen Belastung zwischen den Methoden deutliche Unterschiede (Cuschieri 1995; Park et al. 2010; Berguer et al. 2001): Roboter-chirurgische Maßnahmen zeigen im Vergleich zu dem laparoskopischen Verfahren niedrigere Stress-Level für die Operateur\*innen (Smith, Berguer & Rosser 2003; Berguer et al. 2006; Lee et al. 2005; Moore et al. 2015). Stefanidis et al. zeigen darüber hinaus, dass chirurgisch Ungeübte bei Anwendung der Roboter-assistierten Methode bessere operative Ergebnisse bei geringerer mentaler Belastung erreichen. Ferner analysierten Panait et al., dass bei steigender Schwierigkeit der Operation das Roboter-chirurgische Vorgehen mindestens

zu gleichen, wenn nicht zu besseren operativen Ergebnissen als die konventionelle Laparoskopie führt (Stefanidis et al. 2010; Panait et al. 2014).

Einige Studien versuchen den jeweiligen Einfluss verschiedener Stressoren auf die chirurgische Leistung zu untersuchen (Moorthy et al. 2003; Weigl et al. 2016; Yurko et al. 2010; Arora, Sevdalis, et al. 2010; Arora, Hull, et al. 2010; Wiegmann et al. 2007). Diese Studien benennen eine Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren: Teamwork und Kommunikation, Ablenkung und Unterbrechungen, technische und Equipment-bezogene Faktoren, patientenbezogene Komplikationen sowie Zeitmanagement und Lehrtätigkeit. Arora et al. identifizierten technische und Equipment- sowie Patienten-bezogene Komplikationen als die für Chirurg\*innen stressvollsten Aspekte. Weiterhin werden teambezogene Faktoren als stark belastend identifiziert. Ablenkungen und Unterbrechungen gehören zu den am wenigsten aufreibenden Komponenten (Arora, Hull, et al. 2010).

In der Gesamtschau des wissenschaftlichen Diskurses hinsichtlich körperlicher und psychischer Belastung der drei OP-Methoden für Operierende lässt sich festhalten, dass sowohl die körperliche als auch die psychische Beanspruchung während minimalinvasiver Operationen höher ist als bei der konventionellen offenen Operationsmethodik (Yu et al. 2015; Berguer et al. 2001; Smith, Berguer & Rosser 2003; Carswell et al. 2005). Dabei scheint die laparoskopische Chirurgie an die Operateur\*innen die höchsten physischen Anforderungen zu stellen. Roboter-gestützte sowie offene chirurgische Maßnahmen hingegen sind sowohl mit einer geringeren physischen als auch psychischen Beanspruchung assoziiert. Dies lässt den Chirurg\*innen mehr körperliche sowie mentale Kapazitäten, um mit anderen berufsinhärenten Anforderungen oder unerwarteten chirurgischen Herausforderungen umzugehen (Moore et al. 2015, S. 2553).

#### 1.4 Zielsetzung der Arbeit

Bisher wurde gezeigt, welcher Art der körperlichen und psychischen Belastung Ärzte und Ärztinnen generell ausgesetzt und mit welchen besonderen Belastungssituationen Operateur\*innen konfrontiert sind. Überdies wurden Unterschiede in der körperlichen und psychischen Beanspruchung zwischen den drei operativen Methoden für die Operierenden herausgearbeitet.

Für die vorliegende Studie wurden mehr als 11 000 deutsche Chirurg\*innen kontaktiert und nach ihrer persönlichen Einschätzung der körperlichen sowie psychischen Beanspruchung bei den unterschiedlichen operativen Methoden befragt.

Unseres Wissens gibt es bisher keine andere Studie, die vergleichend die Unterschiede zwischen den drei operativen Methoden Laparoskopie, Laparotomie sowie DaVinci-assistierter OP hinsichtlich physischer und psychischer Belastung analysiert.

Zielstellung der vorliegenden Arbeit ist es, deduktiv zu erarbeiten, ob in unserem Befragten-Kollektiv operationsmethoden-inhärente Unterschiede in körperlicher und psychischer Belastung festzustellen sind. Ferner wird untersucht, ob die physische und psychische Belastung zwischen dem Erfahrungsniveau der Operateur\*innen differiert.

Weiterhin werden Faktoren identifiziert und analysiert, die maßgeblich die operative psychophysische Beanspruchung der Chirurg\*innen beeinflussen. Diese Variablen werden im Hinblick auf die unterschiedlichen Operationsmethoden evaluiert, Unterschiede in der Ausprägung der Faktoren zwischen den drei chirurgischen Verfahren aufgezeigt und die gerichteten Zusammenhänge bestimmt.

## 2 Material und Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurde eine quantitative Forschungsmethode gewählt, die in Form einer standardisierten Online-Befragung umgesetzt wurde. Der Link zur Befragung wurde via E-Mail an 11 400 chirurgisch tätige Ärzt\*innen versendet und von 910 Operateur\*innen beantwortet. Für die statistische Auswertung wurde eine Subpopulation untersucht (n = 124), Chirurg\*innen, die operativ sowohl offen als auch minimalinvasiv mittels Laparoskopie und DaVinci operieren. Vorab wurde der Forschungsbeitrag bei der Ethikkommission der Charité eingereicht und befürwortet.

### 2.1 Fragebogen-Design

Die theoretische Gestaltung des Fragebogens wurde in Kongruenz zu dem Wirkungsgefüge von *Belastung-Beanspruchung-Auswirkung* entwickelt. Hier sind unter Belastung die „Gesamtheit aller erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken“ zusammengefasst (Joiko et al. 2010, S. 9) Mit Beanspruchung wird die „unmittelbare Auswirkung der psychischen Belastung im Individuum in Abhängigkeit von seinen jeweiligen überdauernden und augenblicklichen Voraussetzungen, einschließlich der individuellen Bewältigungsstrategien“ beschrieben (Joiko et al. 2010, S. 10). Jedoch kann auch die körperliche Belastung eine Auswirkung auf die psychische Belastung und damit auf das Wirkungsgefüge haben: Die europäische Norm ISO 10075-1:2000 definiert psychische Arbeitsbelastung und Beanspruchung folgendermaßen: „Jede Tätigkeit – auch eine vorwiegend körperliche – kann psychisch belastend sein. Dabei ist psy-chische [sic] Belastung eine Benennung für alle Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und psychisch auf ihn einwirken. Psychische Belastung bewirkt Vorgänge des Anstiegs oder der Verminderung [sic] psychischer Beanspruchung im Menschen. Unmittelbare Folgen der psychischen Beanspruchung können einerseits Anregungseffekte und andererseits psychische Ermüdung und/oder ermüdungs- ähnliche [sic] Zustände sein. Mittelbar können in Verbindung mit psychischer Beanspruchung auch Übungs- und Lerneffekte auftreten. Je nach den individuellen und situativen Voraussetzungen können diese Folgen hinsichtlich ihrer Erscheinungsform und Stärke unterschiedlich ausfallen.“ (Normenausschuss Ergonomie 2000, S. 3).

Um Zusammenhänge zu untersuchen, wurden in dieser Studie zunächst die für die körperliche und psychische Beanspruchung ursächlichen Arbeitsbedingungen und Umstände der Operierenden erfasst. Es erfolgte die Messung der Höhe der individuellen körperlichen und psychischen Beanspruchung der Operateur\*innen. Des Weiteren wurden die aus der Beanspruchung resultierenden Auswirkungen in Form körperlicher und psychischer Symptome der chirurgisch tätigen Ärzt\*innen identifiziert.

Bei der praktischen Umsetzung und Zusammenstellung der Erhebungsinstrumente für physische und psychische Beanspruchung, wurde auf etablierte Frageitems zurückgegriffen. Zusätzlich wurde ein weiterer etablierter Fragebogen, der COPSOQ, zur Erhebung psycho-sozialer Beanspruchung einbezogen. Eine Übersicht aller Fragen des Fragebogens kann dem Anhang (siehe Anhang, Seite 113 ff.) entnommen werden.

## 2.2 Fragebogenentwicklung der Erfassung körperlicher und psychischer Anforderungen

Die Fragen zur Belastung und Beanspruchung wurden an den *National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index* (NASA TLX) sowie den *Surgery Task Load Index* (SURG TLX) angelehnt (Wilson et al. 2011; Yurko et al. 2010; Scerbo et al. 2017). Der NASA TLX dient in der Ingenieurpsychologie als etabliertes Verfahren zur Messung der Summe subjektiv erlebter Beanspruchung, dem sogenannten Workload, bei unterschiedlichen Aufgaben. Diese aufgabenbezogene Beanspruchung wird auf sechs unterschiedlichen, bipolaren Dimensionen gemessen:

1. Geistige Anforderungen (mental demands)
2. Körperliche Anforderungen (physical demands)
3. Zeitliche Anforderungen (temporal demands)
4. Individueller Erfolg (performance)
5. Individuelle Anstrengung (effort)
6. Frustrationsniveau (frustration level)

Der SURG TLX stellt eine Weiterentwicklung des NASA TLX dar. Er wurde von Wilson et al. mit spezifisch für das operative Setting angepassten Fragedimensionen erweitert und enthält ebenfalls sechs Dimensionen (Wilson et al. 2011):

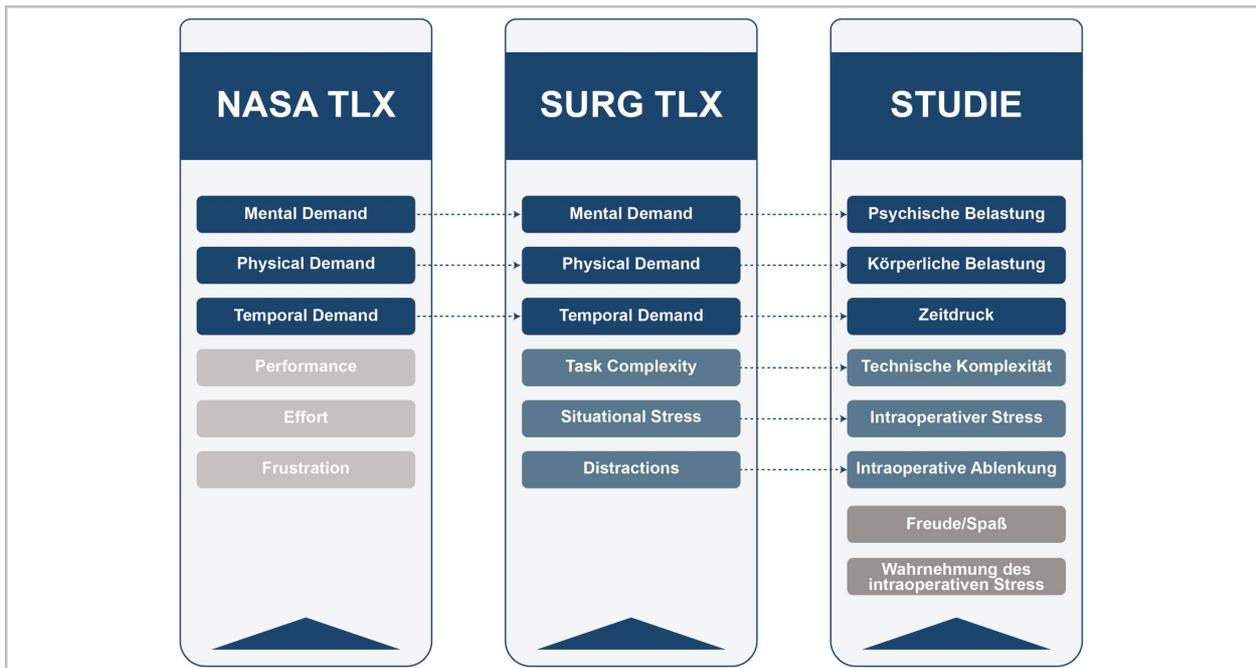
1. Geistige Anforderungen (mental demands)
2. Körperliche Anforderungen (physical demands)
3. Zeitliche Anforderungen (temporal demands)
4. Komplexität der Aufgabe (task complexity)
5. Situativer Stress (situational stress)
6. Ablenkungen (distractions)

Bei der Entwicklung des SURG TLX wurden die drei Aufgaben-bezogenen Dimensionen (1. geistige, 2. körperliche sowie 3. zeitliche Anforderungen) des NASA TLX beibehalten. Weiterhin wurde beim SURG TLX eine Frage zur Einschätzung der Komplexität der operativen Prozedur (4. Komplexität der Aufgabe) hinzugefügt (Wilson et al. 2011). Auch wurden zwei Items aus dem Fragebogen *Driving Activity Load Index* (DALI) ergänzt (5. situativer Stress, 6. Ablenkungen). Der DALI ist ein weiterer Kontext angepasster und auf dem NASA TLX basierender Fragebogen zur Evaluation der mentalen Belastung von Autofahrern im Straßenverkehr.

Im Fragebogen der vorliegenden Arbeit wurden die aus SURG TLX bzw. NASA TLX enthaltenden Fragen nach geistiger, körperlicher sowie zeitlicher Anforderung, der Komplexität des Verfahrens, situativem Stress sowie Ablenkungen übernommen.

Nach Review des Fragebogens durch drei Chirurg\*innen aus unterschiedlichen Fachgebieten der Charité Berlin wurden zwei weitere Dimensionen ergänzt: 7. der wahrgenommene Spaß/Freude während der unterschiedlichen Operations-Methoden sowie 8. die Qualität des wahrgenommenen Stresses (Eu- versus Distress). Insgesamt erhebt beziehungsweise untersucht die vorliegende Arbeit somit acht Hauptmerkmale (siehe Abbildung 1, Seite 20). Die Beschreibung der Frageitems des SURG TLX wurde auf die in unserem Fall angewendeten Recall-Fragen angepasst.

Mittels *weighted rating* bzw. *pairwise comparison* wird beim NASA TLX sowie SURG TLX ein gewichteter Gesamt-Score der Arbeitsbelastung berechnet. Da das Interesse in der vorliegenden Arbeit in der Bestimmung der Auswirkung spezifischer Stressoren auf die körperliche und psychische Beanspruchung liegt, wird auf die Berechnung des Gesamt-Scores im Folgenden verzichtet.



**Abbildung 1 – Entwicklung der Fragebogenitems zur Erhebung der körperlichen und psychischen Belastung**  
 Basierend auf den Fragedimensionen des Surgeon Task Load Index (SURG TLX), der auf dem National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA TLX) fußt, wurden in der vorliegenden Arbeit die Frage-Items entwickelt. In der Studie wurden u.a. diese acht Haupt-Merkmale abgefragt. Hiervon wurden sechs aus dem SURG TLX bzw. NASA TLX übernommen. Zwei Dimensionen (Freude/Spaß, Qualität des wahrgenommenen Stresses) wurden zusätzlich ergänzt.

Zur Erhebung weiterer Einflussfaktoren auf die körperliche Belastung der Operateur\*innen wurde neben Geschlecht, Alter, Gewicht, Körpergröße und Händigkeit ebenso die Sporthäufigkeit sowie die Häufigkeit körperlicher Symptome abgefragt.

Zur Bestimmung der quantitativen Arbeitsbelastung wurden Faktoren wie Arbeitsstunden, Überstunden, OP-Stunden, krankheitsbedingte Fehltage und die Zahl der monatlichen Dienstwochenenden ermittelt. Weiterhin wurde die qualitative Zufriedenheit der Chirurg\*innen mittels unterschiedlicher Frageitems erfasst.

Zur Bestimmung der Ursächlichkeit körperlicher und psychischer Beanspruchung wurden Fragen ergänzt, die mittels Mehrfachantworten-Sets Gründe der Beanspruchung innerhalb des operativen Settings ermitteln.

Für die Erhebung psychosozialer Faktoren wurden Items des COPSOQ-Fragebogens ergänzt. Der COPSOQ erfasst in der Kurzversion mittels 87 Items auf 25 Skalen unterschiedliche psychosoziale Arbeitsumstände. Grundlage des COPSOQ ist das arbeitswissenschaftliche Modell der Ursache-Wirkungs-Beziehung von Belastung und der individuellen Reaktion des Subjekts auf diese (Nübling et al. 2005, S. 10 f.). Zur Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellung der vorliegenden Arbeit fanden die

Beantwortungen der COPSOQ-Items keine Berücksichtigung, weshalb hier nicht näher darauf eingegangen werden soll.

Um die Verwertbarkeit der Antworten auch bei vorzeitigem Abbruch des Fragebogens zu gewährleisten, wurde die Anordnung der Fragen in Themenblöcken arrangiert: Zunächst wurden Fragen zu physischer und psychischer Belastung sowie deren Ursachen, danach sozio-demographische Fragen und zuletzt Items aus dem COPSOQ-Fragebogen gestellt. Innerhalb dieser Blöcke wurden die Fragen von allgemein zu speziell sowie von einfach zu abstrakt geordnet (Schumann 2000, S. 75; Hollenberg 2016, S. 21). Hinsichtlich der Frage-Arten wurden neben Fakt- und Bewertungs-, auch Handlungs- sowie Recall-Fragen verwendet (Holm 1975, S. 33 ff. Schumann 2000, S. 53). Fragen mit Mehrfachantworten wurden als Hybrid-Fragen mit Freitextmöglichkeit gestellt, um den Operateur\*innen die Möglichkeit der Kommentierung einzuräumen (Schumann 2000, S. 61). Aufgrund des Umfangs der Arbeit werden im Folgenden die Freitext-Antworten nicht ausgewertet.

Hinsichtlich der Messskalen wurden innerhalb des Fragebogens sowohl kategorial als auch metrisch-skalierte Niveaus verwendet. Bei den Fragen zu den unterschiedlichen körperlichen und psychischen Einflussfaktoren wurde eine elf-stufige numerische Rating-Skala (NAS) benutzt. Bei dieser wurden lediglich die Pol-Antwortmöglichkeiten vorgegeben und auf die Abbildung der Item-Skala mit einzeln eingezeichneten Antwortmöglichkeiten verzichtet. Die Skalenpolarität wurde mittels unipolarer (z. B. *sehr gering* versus *sehr hoch*) und bipolarer (z. B. *nie* versus *immer*) Ratingskalen abgebildet. Die Skalenorientierung wurde in Leserichtung so arrangiert, dass mit der geringsten beziehungsweise negativsten Ausprägung begonnen und mit der höchsten beziehungsweise positivsten Ausprägung geendet wurde (Bogner & Menold 2015). Bei der Fragenformulierung wurde auf Eindimensionalität sowie Eindeutigkeit und Klarheit der Ausdrucksweise geachtet und Suggestivität vermieden (Schumann 2000, S. 61 ff.).

Alle Fragen im Fragebogen wurden auf freiwilliger Basis erhoben. Lediglich die Zustimmung bzw. Ablehnung der Datenverarbeitung und des Datenschutzes erfolgte obligatorisch.

Nach endgültiger Zusammenstellung des Fragebogens wurde dieser sowohl statistisch-biometrisch als auch nochmals von vier chirurgisch, urologisch und gynäkologisch tätigen Operateur\*innen in einem Review-Prozess geprüft, um inhaltlichen und formellen Anforderungen zu genügen.

### 2.3 Auswahl und Akquise der Studienpopulation

Deutschlandweit wurden 11 400 chirurgisch tätige Ärzt\*innen aus den Bereichen Allgemeinchirurgie, Thorax- und Viszeral-Chirurgie, Gynäkologie sowie Urologie an Kliniken, die das Roboter-chirurgische Spektrum der OP-Methoden abbilden, via E-Mail kontaktiert und zur Teilnahme an der Studie gebeten. Alle Operateur\*innen wurden ausschließlich per Dienst-E-Mail adressiert.

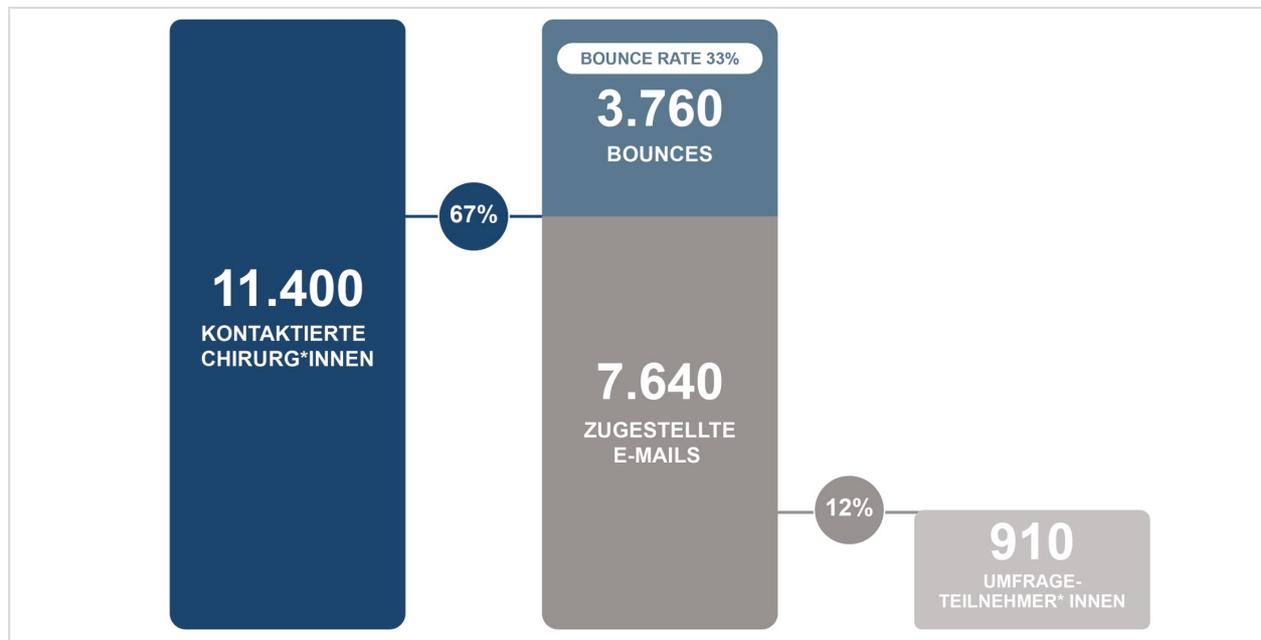
Zunächst wurde zur Vorbereitung und Optimierung der *Opening Rate* (E-Mail-Öffnungs-Rate) und *Click-Through-Rate* (Klick-Rate) ein zweizeitiges Vorgehen aus dem Bereich des E-Mail- bzw. Internet-Marketings verwendet. Dieses wurde in Form von zwei aufeinanderfolgenden A/B-Tests umgesetzt. Unter *Click-Through-Rate* wird die Prozentzahl der Personen verstanden, welche innerhalb eines Newsletters oder anderer digitaler Marketing-Anschreiben auf den innerhalb der Nachricht verweisenden externen Link klicken. Durch ein solches, zweizeitiges Vorgehen wurde sowohl der Betreff als auch der E-Mail-Inhalt optimiert: Zunächst wurde unter 100 zufällig ausgewählten Ärzt\*innen ein A/B-Testing durchgeführt und die Öffnungsrate der versendeten E-Mails anhand des unterschiedlichen Betreffs evaluiert. Im zweiten Schritt wurde die besser konvertierende Betreff-Variante verwendet, um die zweite Optimierung durchzuführen. Erneut wurden 100 zufällig ausgewählten Ärzt\*innen in Gruppe A sowie 100 Ärzt\*innen in Gruppe B unterschiedliche E-Mail-Inhalte bei identischem Betreff gesendet und die *Click-Through-Rate* bestimmt. Zur Aussendung an alle übrigen Ärzt\*innen wurde der Betreff mit der besten *Opening Rate* sowie der E-Mail-Inhalt mit der besten *Click-Through-Rate* gewählt.

Zur E-Mail-Ansprache wurde das E-Mail-Marketing-Tool Mailchimp verwendet. Die Anzahl der Kontaktversuche beschränkte sich auf zwei pro Adressaten. Im Abstand von circa zwei Monaten wurde zunächst eine E-Mail mit Bitte um Teilnahme und hiernach nochmals eine Erinnerungs-E-Mail versendet. Aufgrund des Studiendesigns und der Befolgung strikter Datenschutzreglements bestand keine Nachvollziehbarkeit, welcher Adressat bereits den Fragebogen ausgefüllt hatte, weshalb alle Ärzt\*innen eine Erinnerungs-E-Mail erhielten.

Die *Bounce Rate*, die angibt, wie viele der ausgesendeten E-Mails nicht zugestellt werden konnten, lag in der vorliegenden Arbeit bei 33 % (n = 3760). Man unterscheidet sogenannte *soft* von *hard bounces*. Ein *soft bounce* wird beispielsweise durch ein volles E-Mail-Postfach, ein *hard bounce* hingegen durch ein erloschenes E-Mail-Konto

ausgelöst. Wenn eine E-Mail vom Server des Empfängers abgewiesen wird, wird diese automatisch wieder an den Absender retourniert.

Von den übrigen 7640 Personen füllten 910 Ärzt\*innen die Umfrage aus, was einer Teilnahmequote von 12 % entspricht (siehe Abbildung 2).



*Abbildung 2 – Darstellung der Konvertierungszahlen von E-Mail-Anschreiben zu Umfrageteilnahme*  
Von den insgesamt 11 400 kontaktierten Ärzt\*innen konnte an 33 % keine E-Mail zugestellt werden (Bounce Rate). Von den übrigen 7 640 erfolgreich zugestellten E-Mails nahmen 12 % der Operierenden an der Umfrage teil.

## 2.4 Erhebungsmethoden

Alle Daten wurden mit Hilfe eines Online-Umfragebogens erhoben. Für die Erhebung der Antworten wurde das Online Tool *SurveyMonkey* genutzt. E-Mail sowie Online-Survey beinhalteten ein Begleitschreiben, in dem Ziele und Nutzen der Studie erörtert sowie Datenschutzbestimmungen aufgezeigt wurden und die Zustimmung zur Datenverarbeitung eingeholt wurde. Die Feldzeit betrug fünf Monate; die Umfrage konnte im Zeitraum von April 2018 bis September 2018 online beantwortet werden.

Im Anschluss an die Befragung wurde den Teilnehmenden die Möglichkeit gegeben, an der Verlosung mehrerer iPad-Mini teilzunehmen, die auch im initialen E-Mail-Anschreiben beworben wurden. An der Verlosung Interessierte wurden zu einem separaten, unabhängigen Online-Fragebogen weitergeleitet, in welchem die Kontaktdaten erfasst wurden.

## 2.5 Methoden der statistischen Analyse

Die erhobenen Fragebogendaten wurden vom Fragebogendienstleister *SurveyMonkey* im xlsx-Datenformat extrahiert und mit Microsoft Excel® (2019 Microsoft Corporation) verwaltet. Statistische Tests wurden mittels SPSS® für Mac (2017 IBM, Version 25) durchgeführt. Für den statistischen Teil wurde zur Modellierung von Mediatoreffekten das PROCESS-Makro (Version 3.4) von Andrew Hayes verwendet.

Das PROCESS-Makro errechnet unstandardisierte Pfadkoeffizienten des totalen, direkten und indirekten Effektes mittels der Methode der kleinsten Quadrate (lineare Regression). Bei Anwendung von PROCESS wurden Bootstrapping mit 5000 Iterationen sowie ein heteroskedastizitäts-konsistenter Standardfehler (MacKinnon, 1993) eingesetzt, um Konfidenzintervalle und Inferenzstatistiken zu berechnen. Die errechneten Effekte wurden dann als signifikant erachtet, wenn das Konfidenzintervall die Null nicht einschloss.

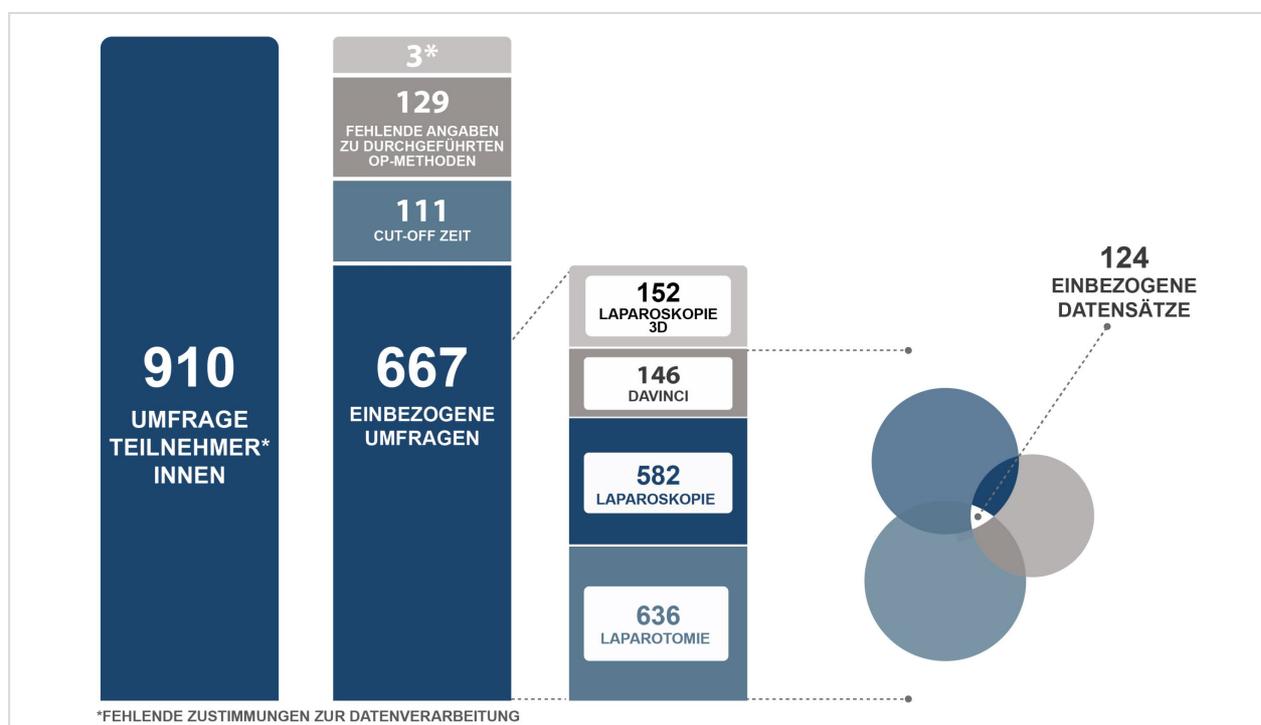
Der Datensatz wurde zunächst bereinigt. Es wurden nur jene Umfrage-Ergebnisse eingeschlossen, die die folgenden Einschlusskriterien erfüllten: Erstens musste eine gültige Einverständniserklärung zur Datenverarbeitung erfolgt sein. Zweitens mussten die Teilnehmenden mindestens eins der betrachteten OP-Verfahren durchführen. Drittens wurde die Cut-off-Zeit für die Beantwortung größer gleich 120 Sekunden gesetzt. Nach Bereinigung des Datensatzes lagen Antworten von 667 Studienteilnehmer\*innen vor.

Bei nicht vollständig ausgefülltem Fragebogen oder fehlenden Antworten wurden – wenn nicht anders angegeben – nur die jeweilig vorliegenden Werte einbezogen (paarweiser Fallausschluss). Für Testungen auf Signifikanz innerhalb der vorliegenden Arbeit wurde ein Signifikanzniveau von 5 % festgelegt ( $p$ -Wert  $\leq 0,05$ ).

In der hier durchgeführten statistischen Analyse wurden Messungen am gleichen Untersuchungsobjekt betrachtet. Das Untersuchungsobjekt ist der individuelle Chirurg bzw. die Chirurgin. Entsprechend wurden für die statistischen Untersuchungen Methoden für die Analyse verbundener Daten genutzt. Durch die Analyse verbundener Daten können vorhandene statistische Unterschiede und Effekte leichter als signifikant erkannt werden. Bei Vergleich der Belastungen der Operateur\*innen, die alle vier der operativen Verfahren (DaVinci, Laparotomie, Laparoskopie sowie Laparoskopie-3D) durchführen, wäre die Anzahl der Antwortenden zu stark limitiert worden. Daher wurden zur

Fallzahloptimierung und Maximierung der statistischen Aussagekraft die Antworten der Operierenden, die die drei Verfahren DaVinci, Laparotomie und Laparoskopie durchführen (n = 124), berücksichtigt. Abbildung 3 zeigt die Ein- bzw. Ausschlusskriterien für die statistische Auswertung in der Übersicht.

Zur Untersuchung der Repräsentativität der gewählten Stichprobe (n = 124), wurden relevante Charakteristika (Geschlecht, Alter, Trägerschaft, Berufserfahrung, Funktion und dominante Hand) der Stichprobenteilnehmer\*innen mit den Antworten der Grundgesamtheit der 907 Operierenden, welche der Datenverarbeitung zugestimmt haben, verglichen (siehe Seite 31 ff.).



**Abbildung 3 – Übersichtsdiagramm zur Datenbereinigung**

Von den insgesamt 910 Umfrageteilnehmer\*innen wurden 243 aufgrund von fehlender Zustimmung zur Datenverarbeitung, fehlenden Angaben zu durchgeführten OP-Methoden oder aufgrund einer Bearbeitungszeit von < 120 Sekunden ausgeschlossen. Bei den übrigen 667 Umfragen gaben 146 der Befragten an DaVinci-Operationen, 636 offene, 582 laparoskopische sowie 152 3D-laparoskopische Operationen durchzuführen. Das 3D-gestützte Laparoskopie-Verfahren wurde in der Studie nicht berücksichtigt. Insgesamt konnten somit 124 Datensätze in die Auswertung einbezogen werden.

Aufgrund der umfassenden Daten und statistischen Analysen wurde zur multivariaten Auswertung eine statistische Beratung in Anspruch genommen.

Bei der multivariaten Analyse wurden im ersten Schritt in der durchgeführten Varianzanalyse die Mittelwerte der acht Hauptfrage-Items (1. Körperliche und 2. Psychische Belastung, 3. Zeitdruck, 4. Technische Komplexität, 5. Intraoperativer Stress, 6. Ablenkung, 7. Spaß/Freude sowie 8. Wahrnehmung des intraoperativen Stresses)

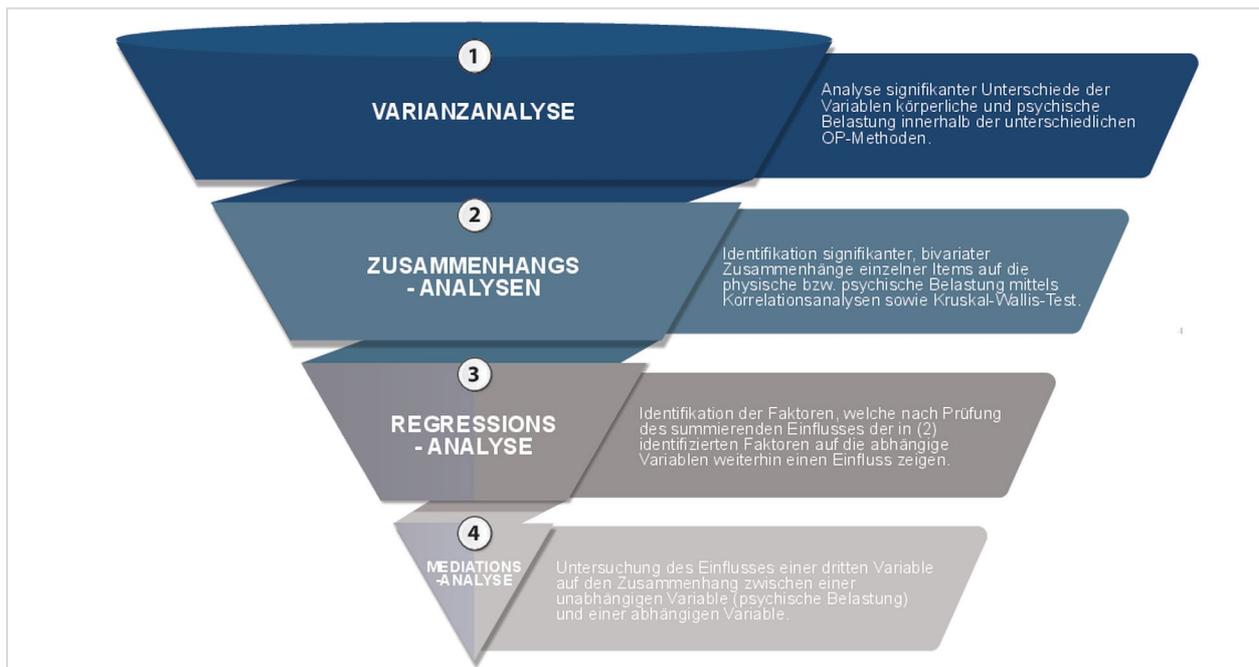
bestimmt. Hier lag das Augenmerk darauf, generelle, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren aufzudecken. Da es sich um verbundene Daten handelt, kam das Konzept der Messwiederholungsvergleiche zur Anwendung. Dazu wurde eine einfaktorielle Messwiederholungs-ANOVA mit Post-hoc-Tests durchgeführt. Um die Irrtumswahrscheinlichkeit für multiple Testung innerhalb der Mittelwertvergleiche korrekt zu kontrollieren, wurde die Dunn–Šidák-Korrektur gewählt. Bei signifikantem Ergebnis wurden Post-hoc Tests angeschlossen. Die Voraussetzungsprüfung für die Verwendung der Messwiederholungs-ANOVA erfolgte mittels Testung auf Normalverteilung durch Q-Q-Diagramme. Die standardisierten Normalverteilungstests (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) zeigten sich bei der hier vorliegenden Stichprobe als zu streng (Field 2013). Die Prüfung der Sphärizität erfolgte mittels Mauchly-Tests. Bei Verletzung der Annahme der Sphärizität ( $p < ,05$ ) wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geiser korrigiert.

Zur Untersuchung des bivariaten Zusammenhangs sowie der Stärke des Zusammenhangs der abgefragten Faktoren auf die körperliche sowie psychische Belastung der Operateur\*innen wurden im zweiten Schritt mehrere Zusammenhangsanalysen durchgeführt. Aufgrund der großen Anzahl eingeschlossener Faktoren kamen Analyseverfahren zur Anwendung, die keine Normalverteilung voraussetzen. Zur Untersuchung des bivariaten Zusammenhangs von ordinal- sowie metrisch skalierten Merkmalen wurde die Rangkorrelation nach Spearman als nichtparametrisches Verfahren verwendet. Analysen nicht-parametrischer Merkmale bei Vergleichen von mehr als zwei Gruppen wurden mittels Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Die Post-hoc-Testung erfolgte mittels Dunn-Bonferroni-Korrektur. Effektstärken wurde nach Cohen berechnet (Cohen 1988, S. 79 ff.).

Abbildung 4 (Seite 27) zeigt die Darstellung des Aufbaus der schrittweisen, statistischen Analyse.

Mittels linearer Regressionsanalysen wurde im dritten Schritt der gemeinsame Einfluss unterschiedlicher unabhängiger Faktoren auf die abhängigen Variablen (psychische Belastung sowie intraoperativer Stress) bestimmt. Unter Anwendung der hierarchischen Regression wurden die einzuschließenden, unabhängigen Variablen auf Basis der Ergebnisse der vorangegangenen Zusammenhangsanalysen gewählt. Dabei wurden Variablen berücksichtigt, die für mindestens ein OP-Verfahren einen starken und/oder statistisch signifikanten Zusammenhang mit der psychischen Belastung zeigen. Zur

Kontrolle der anthropometrischen Gesichtspunkte der Operateur\*innen wurde ebenfalls der BMI eingeschlossen.



**Abbildung 4 – Darstellung des Aufbaus der schrittweisen, multivariaten Analyse**

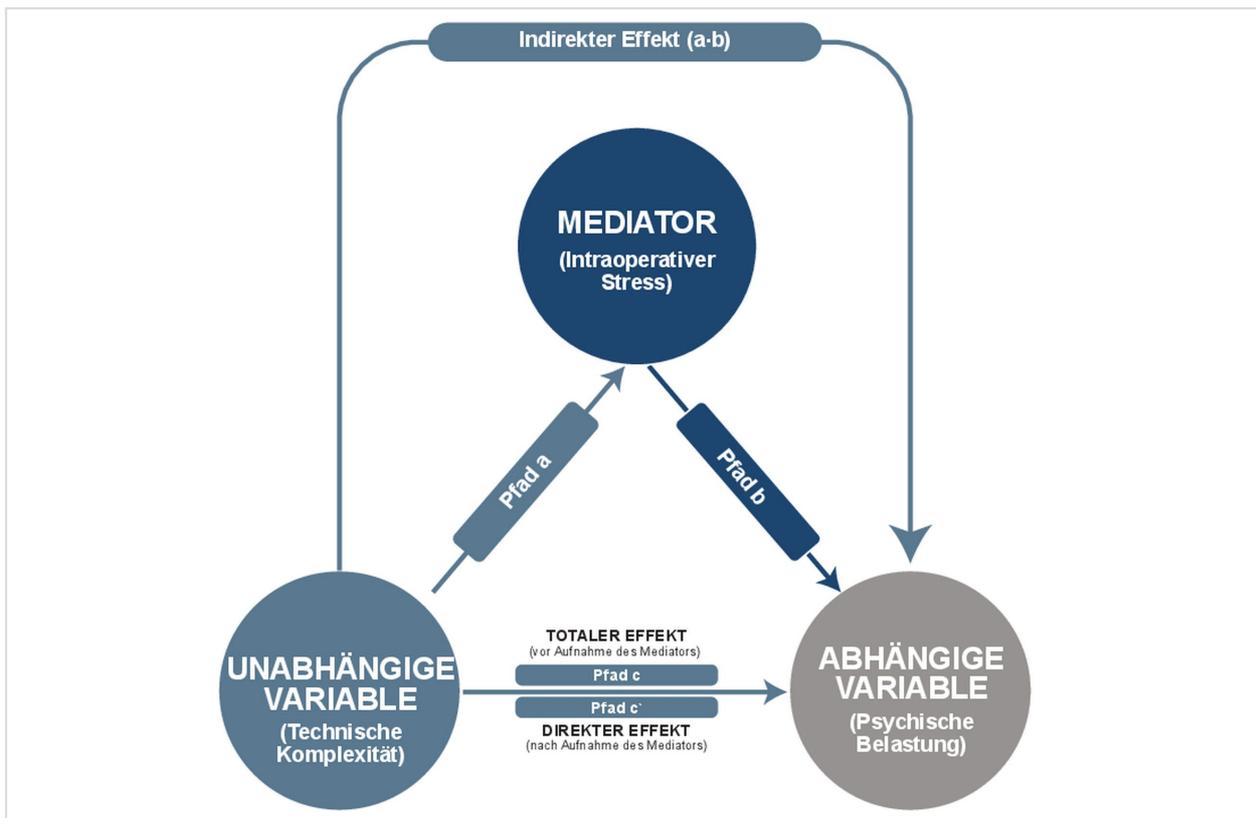
*Im Diagramm werden die vier Schritte der multivariaten Analyse mit Angabe der jeweiligen Zielstellung berichtet. Die Mediationsanalyse wird, trotz Sonderstellung innerhalb der Regressionsanalysen, als gesonderter Punkt ausgewiesen.*

Die Voraussetzungen für die Anwendung des statistischen Verfahrens der Regressionsanalyse wurden vorab sowie während der Berechnung der Modelle überprüft: Lineare Zusammenhänge wurden mittels Streudiagramm, Ausreißer mittels Residuen-Untersuchung geprüft. Die Normalverteilung der Residuen wurde unter Zuhilfenahme von P-P-Plots kontrolliert. Bei den Residuen-Untersuchungen wurden die Cut-off-Werte nach Field (2013) gewählt. Weiterhin wurde die Unabhängigkeit der Residuen mittels Durbin-Watson-Modell und die Kontrolle auf Linearität und Homoskedastizität mittels Streudiagramm durchgeführt. Die gewählten Cut-off-Werte im Durbin-Watson-Modell wurden ebenfalls nach Field (2013) bestimmt. Die Voraussetzungserfüllung des Ausschlusses von Multikollinearität zwischen den untersuchten unabhängigen metrischen Variablen wurde mittels Varianzinflationsfaktor (VIF) und Toleranzwert untersucht. Die Cut-off-Werte für VIF wurden erneut nach Field (2013) gewählt (Keller 2016, S. 12 ff.).

Für einige der Faktoren, die in den Zusammenhangsanalysen einen statistisch signifikanten Effekt auf die körperliche bzw. psychische Belastung der Operateur\*innen zeigten, konnte im Regressionsmodell kein Effekt mehr nachgewiesen werden. Dies

fürte zur Annahme, dass einzelne Variablen lediglich indirekt auf die psychische Belastung wirken und daher in den berechneten Regressions-Modellen nicht als signifikant nachgewiesen werden konnten. Es wurde daher im letzten Schritt eine Mediationsanalyse nach Hayes abgeschlossen. Diese wurde durchgeführt, um zu eruieren, ob ein indirekter Effekt über den intraoperativen Stress als Mediator auf die psychische Beanspruchung nachweisbar ist, da sich der intraoperative Stress in der Regressionsanalyse als stärkster Effektor bei allen OP-Verfahren zeigte.

Aufgrund des verwendeten Bootstrapping ist das Modell nach Hayes ein robustes Verfahren (Keller 2016). Weiterhin setzt das Modell kaum Voraussetzungen an die Verteilungseigenschaften. Die Voraussetzungen der Linearität sowie der Normalverteilung wurden in der linearen Regression geprüft. Für die Voraussetzungserfüllung der Heteroskedastizität wurde ein robustes Verfahren gewählt, das durch Einsetzen eines Heteroskedastizität-konsistenten Schätzers (HC3 – Davidson-McKinnon) das Modell kompensiert. Die Voraussetzung der Unabhängigkeit ist aufgrund des Studiendesigns erfüllt. Die zeitliche Präzedenz (zeitliche Ursache-Wirkungs-



**Abbildung 5 – Darstellung der Schritte der Mediationsanalyse**

Die Graphik gibt die Darstellung der Mediationsanalyse am Beispiel der technischen Komplexität als unabhängige Variable wieder. Die unabhängige Variable kann direkt (Pfad a) oder indirekt (Pfad b; mediiert) über den intraoperativen Stress als Mediator auf die abhängige Variable (psychische Belastung) wirken. Pfad c stellt den totalen Effekt vor Aufnahme des Mediators ins Modell dar und Pfad c` den direkten Effekt, nach Aufnahme des Mediators. Der indirekte Effekt ist das Produkt der Pfade a und b.

Beziehung) lässt sich für die untersuchten Faktoren vermuten, jedoch nicht sicher belegen. Die eingeschlossenen Variablen, sind die in der Regressionsanalyse als relevant identifizierten Hauptmerkmale (technische Komplexität, intraoperative Ablenkung und körperliche Belastung) ergänzt um die Anzahl der durchgeführten Eingriffe.

Für die drei operativen Methoden wurde der Einfluss der Variablen über die Mediatorvariable intraoperativer Stress auf die psychische Belastung kontrolliert. Alle durchgeführten Analysen folgten dem gleichen Schema (siehe Abbildung 5, Seite 28). Zunächst wird der Effekt der unabhängigen auf die abhängige Variable überprüft (totaler Effekt; Pfad c). Im zweiten Schritt werden die Pfade, der Einfluss der unabhängigen Variablen auf den Mediator (Pfad a) sowie der Einfluss des Mediators auf die abhängige Variable (Pfad b) untersucht. Im dritten Schritt wird das Verhältnis von unabhängiger auf die abhängige Variable nach Aufnahme des Mediators in das Modell überprüft (direkter Effekt, Pfad c'). Bei einer vollständigen Mediation ist dieser Effekt nicht mehr nachweisbar. Im letzten Schritt wird der sogenannte indirekte Effekt interpretiert. Dieser stellt den eigentlichen Mediationseffekt dar (Urban et al. 2018; Baltés-Götz 2020).

### 3 Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten wird die Auswertung der univariaten sowie multivariaten statistischen Analyse der erhobenen Daten präsentiert. Auf Grund der Umfänglichkeit der Arbeit und der erhobenen und analysierten Daten wurden einige der statistischen Auswertungen in einem digitalen Anhang integriert. Dieser liegt der Dissertation als CD-ROM bei.

#### 3.1 Univariate Analyse

Die deskriptive Analyse gibt einen Überblick der Baseline-Charakteristika, der soziodemographischen Daten der Befragten sowie aller übrigen Frageitems der gewählten Stichprobe (n = 124). Für ausgewählte Charakteristika werden ebenso die Ergebnisse der Grundgesamtheit (n = 907) gezeigt, um Aussagen hinsichtlich der Repräsentativität der Stichprobe treffen zu können.

*Tabelle 1 – Deskriptive Statistik des Vergleichs der Stichprobe zur Grundgesamtheit*

| Vergleich der Stichprobe zur Grundgesamtheit |                             |                           |                 |            |                 |                 |            |  |
|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|------------|--|
|  |                             | Stichprobe                |                 |            | Gesamtdatensatz |                 |            |  |
|  |                             | Prozent                   | Gültige Prozent | Mittelwert | Prozent         | Gültige Prozent | Mittelwert |  |
| Vergleich der Stichprobe zur Grundgesamtheit | Alter (in Jahren)           |                           |                 | 43,51      |                 |                 | 46,48      |  |
|  | Berufserfahrung (in Jahren) |                           |                 | 17,97      |                 |                 | 20,31      |  |
|  | Geschlecht                  | männlich                  | 71,77           | 76,72      |                 | 43,33           | 66,78      |  |
|  |                             | weiblich                  | 21,77           | 23,28      |                 | 21,50           | 33,22      |  |
|  | Händigkeit                  | links                     | 11,29           | 11,97      |                 | 5,18            | 7,94       |  |
|  |                             | rechts                    | 72,58           | 76,92      |                 | 55,02           | 84,29      |  |
|  |                             | beidhändig                | 10,48           | 11,11      |                 | 5,07            | 7,77       |  |
|  | Träger                      | Sonstiges                 | 1,61            | 1,71       |                 | 2,54            | 3,87       |  |
|  |                             | privat                    | 10,48           | 11,11      |                 | 9,48            | 14,48      |  |
|  |                             | öffentlich                | 75,81           | 80,34      |                 | 44,43           | 67,85      |  |
|  |                             | freigemeinnützig          | 6,45            | 6,84       |                 | 9,04            | 13,80      |  |
|  | Funktion                    | Assistenzarzt/ärztin      | 10,48           | 11,30      |                 | 7,39            | 11,36      |  |
|  |                             | Facharzt/ärztin           | 11,29           | 12,17      |                 | 7,39            | 11,36      |  |
|  |                             | Oberarzt/ärztin           | 32,26           | 34,78      |                 | 25,14           | 38,64      |  |
|  |                             | leitender Oberarzt/ärztin | 22,58           | 24,35      |                 | 13,56           | 20,85      |  |
| Chefarzt/ärztin                              |                             | 8,87                      | 9,57            |            | 9,37            | 14,41           |            |  |
| Klinikdirektor/in                            |                             | 7,26                      | 7,83            |            | 2,21            | 3,39            |            |  |

Die Vergleichstabelle ist Seite 30 zu entnehmen. Die vollständige Ergebnis-Tabelle mit der Übersicht aller Antworten der ausgewählten Stichprobe der im Fragebogen erhobenen Items kann dem digitalen Anhang entnommen werden (siehe CD-ROM, Tabelle 1, Seite iii ff.).

### 3.1.1 Baseline-Charakteristika der Befragten

*Geschlecht (Stichprobe: beantwortet = 116, fehlend = 8, Grundgesamtheit: beantwortet = 587, fehlend = 320)*

71,77 % (n = 89 [von 124]), entsprechend 76,72 % gültige Prozente (n = 89 [von 116]), der ausgewählten Studienteilnehmer\*innen sind männlichen und 21,77 % (n = 27 [von 124]), entsprechend 23,28 % gültige Prozente (n = 27 [von 116]) weiblichen Geschlechts. Bei der Grundgesamtheit sind 66,78 % (n = 392 [von 587]) männlichen, bzw. 33,22 % (n = 195 [von 587]) weiblichen Geschlechts (gültige Prozente). Im Vergleich zum Gesamtdatensatz sind bei der betrachteten Stichprobe mehr Männer enthalten (76,72 % vs. 66,78 %).

*Alter (Stichprobe: beantwortet = 117, fehlend = 7, Grundgesamtheit: beantwortet = 593, fehlend = 314)*

Beim Alter ergibt sich bei der Untersuchung der Stichprobe ein Mittelwert von 43,51 Jahren mit einer Standardabweichung von  $\pm 8,28$  Jahren, bei einem Minimum von 29 sowie einem Maximum von 65 Jahren. Bei der Betrachtung der Grundgesamtheit, ergibt sich ein Mittelwert von 46,48 Jahren mit einer Standardabweichung von  $\pm 9,49$  Jahren, bei einem Minimum von 28 sowie einem Maximum von 71 Jahren.

*Gewicht (Stichprobe: beantwortet = 113, fehlend = 11) und Körpergröße (Stichprobe: beantwortet = 114, fehlend = 10)*

Für das Gewicht ergibt sich ein statistischer Mittelwert von 78,23 kg  $\pm 12,10$  kg, ein Minimum von 50 kg und ein Maximum von 106 kg. Bei der Körpergröße liegt ein Mittelwert von 179,24 cm  $\pm 8,40$  cm, ein Minimum von 158 cm und ein Maximum von 196 cm vor.

*Sport pro Woche (Stichprobe: beantwortet = 115, fehlend = 9)*

Die Frage nach der Häufigkeit von 30-minütigem Sport pro Woche wurde von 20,16 % der Antwortenden mit *ich treibe keinen Sport* beantwortet. 65,32 % betätigen sich ein- bis viermal pro Woche sportlich. Alle Antworten sind Abbildung 6 zu entnehmen.

*Art der Krankenhausträgerschaft (Stichprobe: beantwortet = 117, fehlend = 7, Grundgesamtheit: beantwortet = 594, fehlend = 313)*

75,81 % (n = 94 [von 124]), entsprechend 80,34 % gültige Prozente (n = 94 [von 117]) der befragten Ärzt\*innen sind in einem Krankenhaus mit öffentlicher Trägerschaft beschäftigt. 10,48 % (n = 13 [von 124]), entsprechend 11,11 % gültige Prozente (n = 13 [von 117]) sind zum Befragungszeitpunkt in einem aus privater Hand finanzierten Krankenhaus und 6,45 % (n = 8 [von 124]), entsprechend 6,84 % gültige Prozente (n = 8 [von 117]) in einem Krankenhaus mit freigemeinnütziger Trägerschaft angestellt. 67,85 % (n = 94 [von 594]) der in der Grundgesamtheit befragten Ärzt\*innen sind in einem Krankenhaus mit öffentlicher Trägerschaft beschäftigt. 14,48 % (n = 86 [von 594]) sind in einem privat finanzierten Krankenhaus und 13,80 % (n = 82 [von 594]) in einem Krankenhaus mit freigemeinnütziger Trägerschaft angestellt.

*Berufserfahrung (Stichprobe: beantwortet = 115, fehlend = 9, Grundgesamtheit: beantwortet = 591, fehlend = 316)*

Die Berufserfahrung wurde in der vorliegenden Studie aus dem Jahr der Approbation der Chirurg\*innen berechnet. Der Mittelwert der Berufserfahrung der Ärzt\*innen der Stichprobe liegt bei 17,97 Jahren mit einer Standardabweichung von  $\pm 8,70$  Jahren, einem Minimum von 4 Jahren und einem Maximum von 49 Jahren. Bei den Ärzt\*innen aus der Grundgesamtheit liegt der Mittelwert der Berufserfahrung nach Approbation bei 20,31 Jahren mit einer Standardabweichung von  $\pm 9,65$  Jahren, einem Minimum von 2 Jahren und einem Maximum von 51 Jahren. Es lässt sich feststellen, dass die Grundgesamtheit über mehr Berufserfahrung verfügt, als die gewählte Stichprobe.

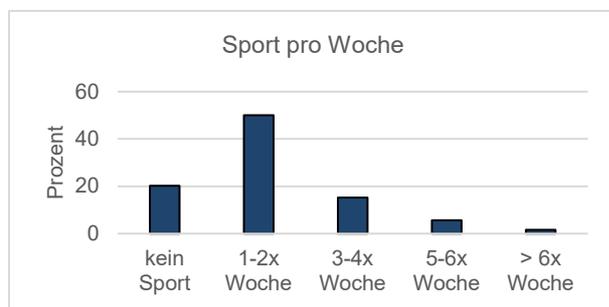
*Funktion (Stichprobe: beantwortet = 115, fehlend = 9, Grundgesamtheit: beantwortet = 590, fehlend = 317)*

Von allen Befragten sind zum Befragungszeitpunkt 32,26 % (n = 40 [von 124]), entsprechend 34,78 % gültige Prozente (n = 40 [von 115]) in der Funktion Oberarzt/Oberärztin, 22,58 % (n = 28 [von 124]), entsprechend 24,35 % gültige Prozente (n = 28 [von 115]) als leitender Oberarzt/leitende Oberärztin, 10,48 % (n = 13 [von 124]), entsprechend 11,30 % gültige Prozente (n = 13 [von 115]) als

### 3. Ergebnisse

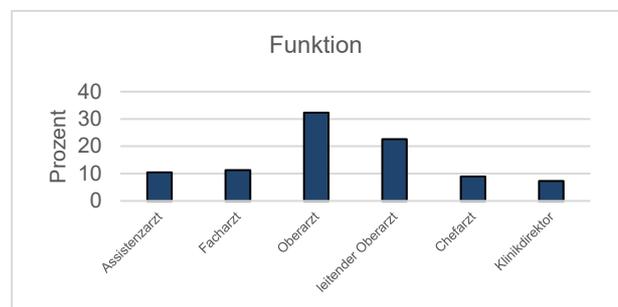
#### 3.1 Univariate Analyse

Assistenzarzt/Assistenzärztin, 11,29 % (n = 14 [von 124]), entsprechend 12,17 % gültige Prozente (n = 14 [von 115]) als Facharzt/Fachärztin, 8,87 % (n = 11 [von 124]), entsprechend 9,57 % gültige Prozente (n = 11 [von 115]) als Chefarzt/Chefärztin und 7,26 % (n = 9 [von 124]), entsprechend 7,83 % gültige Prozente (n = 9 [von 115]) als Klinikdirektor/Klinikdirektorin tätig (siehe Abbildung 7, Seite 33). Bei der Grundgesamtheit stellt sich folgendes Bild dar: 38,64 % (n = 228 [von 590]) sind in der Funktion Oberarzt/Oberärztin tätig, 20,85 % (n = 123 [von 590]) als leitender Oberarzt/leitende Oberärztin, 11,36 % (n = 67 [von 590]) als Assistenzarzt/Assistenzärztin, 11,36 % (n = 67 [von 590]) als Facharzt/Fachärztin und 14,41 % (n = 85 [von 590]) als Chefarzt/Chefärztin und 3,39 % (n = 20 [von 590]) Klinikdirektor/Klinikdirektorin tätig.



**Abbildung 6 – Sport pro Woche**

Darstellung des Baseline-Charakteristikums Sport pro Woche (n = 115, fehlend = 9): 20,16 % der Befragten gaben an keinen Sport zu treiben. 50,00 % gaben an 1–2x pro Woche Sport, 15,32 % 3–4x pro Woche und 5,65 % 5–6x pro Woche Sport zu treiben. Mehr als 6x pro Woche betätigen sich 1,61 % der Operierenden sportlich.



**Abbildung 7 – Funktion**

Übersicht über das Baseline-Charakteristikum Funktion (n = 115, fehlend = 9): Als Assistenzärzt\*innen sind 10,48 % der Befragten beschäftigt, als Fachärzt\*innen 11,29 %. Oberärzt\*innen 32,26 % und leitende Oberärzt\*innen sind mit 22,58 % in unserem Kollektiv vertreten. Chefarzt\*innen machen 8,87 % der Befragten und Klinikdirektor\*innen 7,26 % der Gesamtheit aus.

#### **Fachrichtung (Mehrfachantworten = 169)**

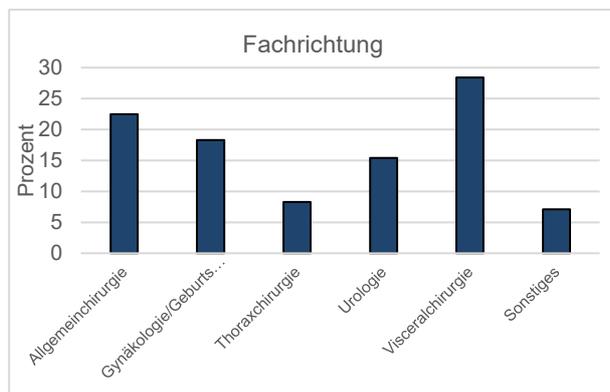
Die Majorität der Befragten ist allgemeinchirurgisch (22,49 %) und/oder viszeralchirurgisch (28,40 %) tätig. Die detaillierte Aufteilung ist Abbildung 8 (siehe Seite 34) zu entnehmen

**Dominante Hand (Stichprobe: beantwortet = 117, fehlend = 7, Grundgesamtheit: beantwortet = 592, fehlend = 315)**

72,58 % (n = 90 [von 124]), entsprechend 76,92 % gültige Prozente (n = 90 [von 117]) der Operateur\*innen sind rechtshändig und 11,29 % (n = 14 [von 124]), entsprechend 11,97 % gültige Prozente (n = 14 [von 117]) linkshändig. 10,48 % (n = 13 [von 124]), entsprechend 11,11 % gültige Prozente (n = 13 [von 117]) sind ambidextrisch begabt. Bei der Grundgesamtheit ergibt sich ein anderes Bild: 84,29 % (n = 499 [von 592]) sind rechtshändig, 7,94 % (n = 47 [von 592]) linkshändig und 7,77 % (n = 46 [von 592]) beidhändig begabt.

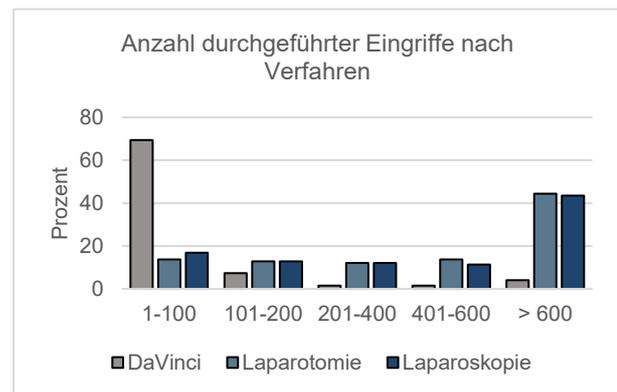
Anzahl durchgeführter Eingriffe (DaVinci: beantwortet = 104, fehlend = 20, Laparotomie: beantwortet = 120, fehlend = 4, Laparoskopie: beantwortet = 120, fehlend = 4)

Die Anzahl der durchgeführten Eingriffe entsprechend der OP-Methoden wird zur besseren Übersicht in Abbildung 9 dargestellt. Bei der DaVinci-Methode liegt die Anzahl der im Durchschnitt durchgeführten Eingriffe deutlich unter der Anzahl von Laparotomie und Laparoskopie.



**Abbildung 8 – Fachrichtung**

Übersicht über die Fachrichtungs-Verteilung der Befragten (n = 169, Mehrfachantworten): 22,49 % der Chirurg\*innen in unserem Kollektiv sind allgemeinchirurgisch, 18,34 % gynäkologisch, 8,28 % thoraxchirurgisch, 15,38 % urologisch und 28,40 % visceralchirurgisch tätig. Andere Fachrichtungen sind mit 7,10 % vertreten.



**Abbildung 9 – Anzahl durchgeführter Eingriffe**

Die Abbildung zeigt die Anzahl der durchgeführten Eingriffe der befragten Operierenden nach OP-Verfahren: Beim DaVinci-Verfahren gaben 69,35 % an 1–100 Eingriffe durchgeführt zu haben. 101–200 Eingriffe mittels DaVinci-Verfahren führten 7,26 %, 201–400 Eingriffe 1,61 %, 401–600 Eingriffe 1,61 % und mehr als 600 Eingriffe 4,03 % der Befragten durch. Bei der Laparotomie gaben 13,71 % der Chirurg\*innen an 1–100 Eingriffe durchgeführt zu haben. 101–200 Eingriffe gaben 12,90 %, 201–400 Eingriff 12,10 % und 401–600 Operationen 13,71 % und mehr als 600 Eingriffe 44,35 % der Befragten an. Bei der Laparoskopie gaben 43,55 % an mehr als 600 Eingriffe durchgeführt zu haben. 401–600 Eingriffe führten 11,29 %, 201–400 Eingriffe 12,10 %, 101–200 Eingriffe 12,90 % und 1–100 Eingriffe 16,94 % der Operierenden durch.

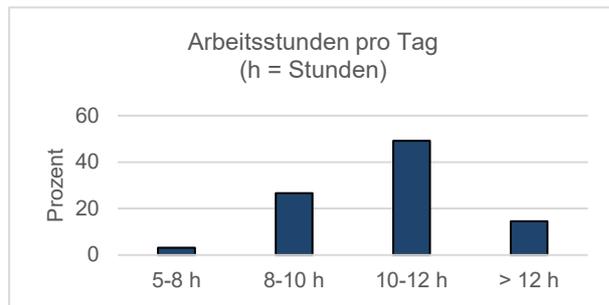
### 3.1.2 Quantitative Arbeitsbelastung

**Arbeitsstunden pro Tag (n = 116, fehlend = 8)**

Die täglichen Arbeitsstunden wurden von 75,81 % der Befragten mit acht bis zwölf Stunden angegeben. 14,52 % gaben mehr als zwölf Stunden und 3,23 % gaben fünf bis acht Stunden täglich an (siehe Abbildung 10).

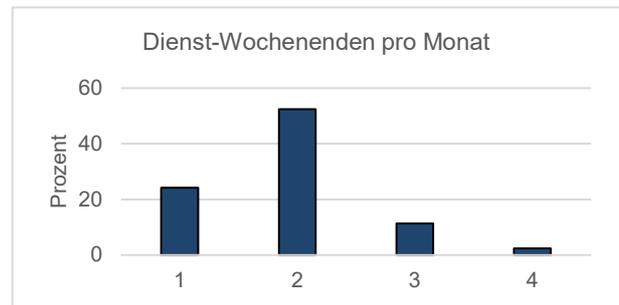
**Dienst-Wochenenden pro Monat (n = 112, fehlend = 12)**

76,61 % der Chirurg\*innen gaben ein bis zwei, 11,29 % drei Wochenenden und 2,42 % der Befragten vier Dienstwochenenden pro Monat an (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 10 – Arbeitsstunden pro Tag**

Übersicht über die durchschnittlichen Arbeitsstunden pro Tag der befragten Operateure und Operateurinnen (n = 116, fehlend = 8): 3,23 % gaben an 5–8 Stunden täglich zu arbeiten. 8–10 Stunden pro Tag arbeiteten 26,61 % der Operierenden, 49,19 % arbeiteten 10–12 Stunden und 14,52 % mehr als 12 Stunden täglich.



**Abbildung 11 – Anzahl Dienst-Wochenenden pro Monat**

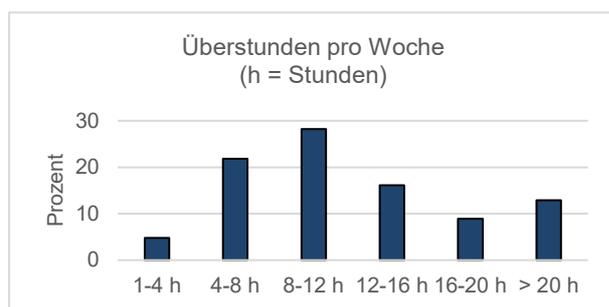
Balkendiagrammdarstellung der Anzahl an Dienst-Wochenenden pro Monat (n = 112, fehlend = 12): 24,19 % gaben ein Dienst-Wochenende, 52,42 % zwei, 11,29 % drei Wochenenden und 2,42 % vier Dienst-Wochenenden an.

**Überstunden pro Woche (n = 115, fehlend = 9)**

Ein bis acht Überstunden wurde von 26,61 %, acht bis zwölf Überstunden von 28,23 % und mehr als zwölf Stunden von 37,90 % der Befragten angegeben. Alle Antworten können Abbildung 12 entnommen werden.

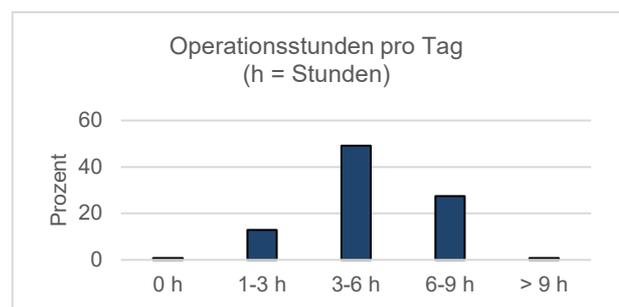
**Operationsstunden pro Tag (n = 113, fehlend = 11)**

Die Frage nach den OP-Stunden beantworteten 12,90 % mit ein bis drei Stunden pro Tag. 49,19 % gaben an drei bis sechs Stunden täglich im OP zu verbringen. Die ausführlichen Ergebnisse sind Abbildung 13 zu entnehmen.



**Abbildung 12 – Überstunden pro Woche**

Darstellung der durchschnittlichen Überstunden-Anzahl pro Woche (n = 115, fehlend = 9): 4,84 % der Befragten gaben 1–4 h, 21,77 % 4–8 h, 28,23 % 8–12 h und 16,13 % 12–16 h Überstunden wöchentlich an. 16–20 Überstunden wurden von 8,87 % berichtet und mehr als 20 Stunden pro Woche von 12,90 % der befragten Operateur\*innen.



**Abbildung 13 – Operationsstunden pro Tag**

Balkendiagrammdarstellung der durchschnittlichen Operationsstunden pro Tag (n = 113, fehlend = 11): 0,81 % gaben null Operationsstunden am Tag, 12,90 % 1–3 Stunden, 49,19 % 3–6 Stunden, 27,42 % 6–9 Stunden und mehr als 9 Stunden pro Tag 0,81 % der Operateur\*innen an.

### *Krankheitsbedingte Fehltage (n = 117, fehlend = 7)*

Keine krankheitsbedingten Fehltage gaben 41,94 % der befragten Chirurg\*innen, ein bis fünf Fehltage 45,97 % und mehr als fünf Tage 6,45 % der Operierenden an (siehe Abbildung 14).

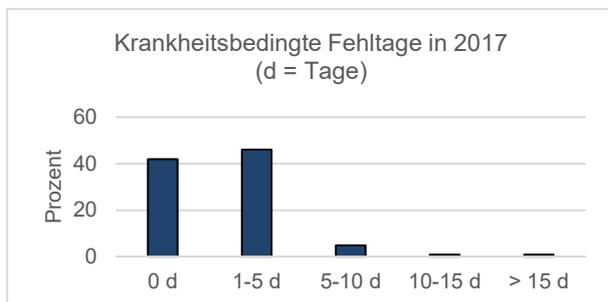
### 3.1.3 Persönliche Zufriedenheit und Arbeitssituation

#### *Präferenz der Operationsverfahren (n = 120, fehlend = 4)*

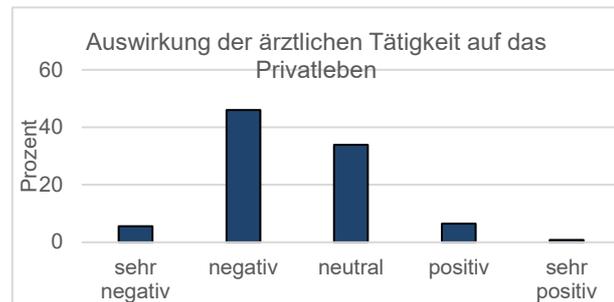
Bei Angabe der Präferenz hinsichtlich des Operationsverfahrens gaben 56,45 % der Operateur\*innen an, das laparoskopische Verfahren, 20,16 % den Roboter-chirurgischen Zugangsweg, 14,52 % die Laparotomie und 5,65 % die 3D-Laparoskopie zu präferieren.

#### *Auswirkung der ärztlichen Tätigkeit auf das Privatleben (n = 115, fehlend = 9)*

51,61 % der Befragten berichteten, dass der ärztliche Beruf negative bis sehr negative Auswirkungen auf das Privatleben habe. 7,26 % merkten an, dass sich die Auswirkungen in einem positiven bis sehr positiven Spektrum bewegen (siehe Abbildung 15).



**Abbildung 14 – Krankheitsbedingte Fehltage**  
Darstellung der krankheitsbedingten Fehltage im Jahr 2017 (n = 117, fehlend = 7): 41,94 % der befragten Operateur\*innen berichteten keine Fehltage, 45,97 % 1–5 Fehltage, 4,84 % 5–10 Fehltage und jeweils 0,81 % gaben 10–15 und mehr als 15 krankheitsbedingte Fehltage an.



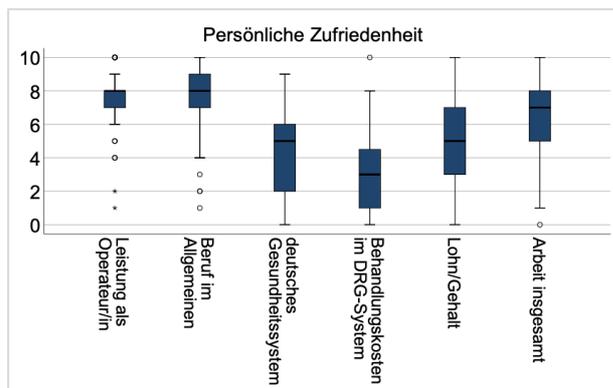
**Abbildung 15 – Auswirkung der ärztlichen Tätigkeit auf das Privatleben**  
Übersicht über die Auswirkungen der ärztlichen Tätigkeit auf das Privatleben (n = 115, fehlend = 9): 5,65 % antworteten, dass die ärztliche Tätigkeit sehr negative und 45,97 % negative Auswirkungen habe. Als neutral bewerteten 33,87 % der Operierenden den Effekt. 6,45 % und 0,81 % bewerteten dahingegen die Auswirkung als positiv bzw. sehr positiv.

### *Persönliche Zufriedenheit*

Im Folgenden werden die Ergebnisse der persönlichen Zufriedenheit der Operateur\*innen mit berufsrelevanten Merkmalen wiedergegeben. Abgefragt wurden verschiedene Items, deren Ergebnisse in Abbildung 16 (siehe Seite 37) dargestellt sind.

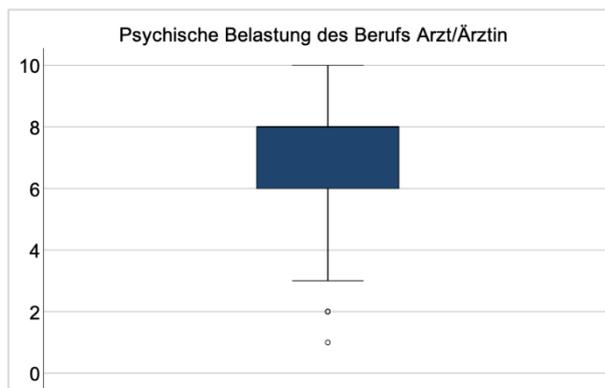
### Psychische Belastung durch den Beruf im Allgemeinen (n = 118, fehlend = 6)

Der Mittelwert lag über alle erfassten Antworten bei  $7,26 \pm 1,96$  (siehe Abbildung 17).



**Abbildung 16 – Persönliche Zufriedenheit mit job-inhärenten Faktoren**

Box-Plot-Darstellung zu der persönlichen Zufriedenheit der Chirurg\*innen mit ihrer persönlichen Leistung als Operateur\*in, dem Beruf im Allgemeinen, dem deutschen Gesundheitssystem, der Abbildung der Behandlungskosten im DRG-System, dem Lohn/Gehalt sowie der Arbeit unter Berücksichtigung aller Umstände. 0 = sehr unzufrieden, 10 = sehr zufrieden. Leistung als Operateur\*in (n = 119, fehlend = 5):  $\bar{x} = 7,53 \pm 1,59$  SD. Beruf im Allgemeinen (n = 119, fehlend = 5):  $\bar{x} = 7,60 \pm 1,77$  SD. Deutsches Gesundheitssystem (n = 112, fehlend = 12):  $\bar{x} = 4,27 \pm 2,36$  SD. Abbildung der Behandlungskosten im DRG-System (n = 115, fehlend = 9):  $\bar{x} = 2,91 \pm 2,14$  SD. Lohn/Gehalt (n = 117, fehlend = 7):  $\bar{x} = 5,11 \pm 2,40$  SD. Arbeit insgesamt, unter Berücksichtigung aller Umstände (n = 119, fehlend = 5):  $\bar{x} = 6,43 \pm 1,94$  SD.



**Abbildung 17 – Psychische Belastung des Berufs**

Darstellung der durch die Befragten wahrgenommenen psychischen Belastung des Berufs als Arzt/Ärztin im Allgemeinen mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch, (n = 118, fehlend = 6):  $\bar{x} = 7,26 \pm 1,96$  SD,  $\hat{x} = 8$ ,  $Q1 = 6$ ,  $Q3 = 8$ ,  $IQR = 2$ ,  $Min = 1$ ,  $Max = 10$ .

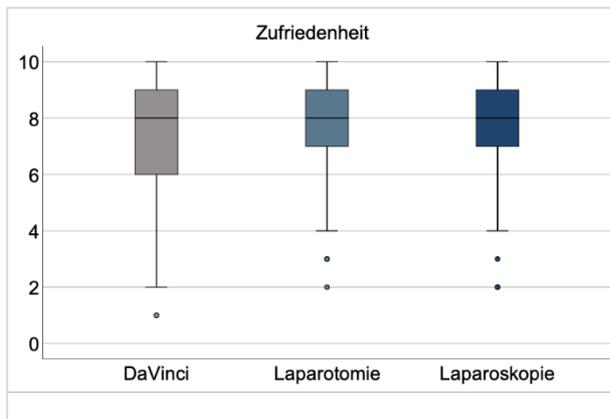
#### 3.1.4 Operationsmethoden-spezifische Belastungs-Dimensionen

##### Zufriedenheit

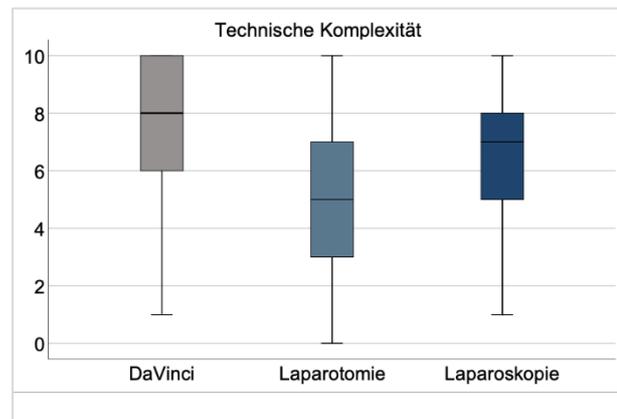
Die Zufriedenheit der Operierenden im Hinblick auf die chirurgischen Verfahren wurde erneut mit Hilfe einer numerischen Analogskala erhoben. Die vorgegebenen Polantworten lauteten: 0 = sehr unzufrieden und 10 = sehr zufrieden. Die Ergebnisse sind der Abbildung 18 zu entnehmen.

## Technische Komplexität der unterschiedlichen Operationsverfahren

Bei der technischen Komplexität wurden die Ratingskala-Pole mit 0 = nicht komplex und 10 = sehr komplex vorgegeben. Die Ergebnisse sind Abbildung 19 zu entnehmen.



**Abbildung 18 – Zufriedenheit mit operativen Methoden**  
Box-Plot-Darstellung der angegebenen Zufriedenheit der Operateur\*innen mit den unterschiedlich durchgeführten Operationsmethoden mit y-Achse 0 = sehr unzufrieden, 10 = sehr zufrieden: Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 103, fehlend = 21):  $\bar{x} = 7,17 \pm 2,13$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 6, Q3 = 9, IQR = 3, Min = 1, Max = 10. Laparotomie (n = 115, fehlend = 9):  $\bar{x} = 7,79 \pm 1,84$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 7, Q3 = 9, IQR = 2, Min = 2, Max = 10. Laparoskopie (n = 115, fehlend = 9):  $\bar{x} = 7,84 \pm 1,89$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 7, Q3 = 9, IQR = 2, Min = 2, Max = 10.



**Abbildung 19 – Technische Komplexität**  
Box-Plot zur Darstellung der Einschätzung der technischen Komplexität der unterschiedlichen OP-Verfahren mit y-Achse 0 = nicht komplex, 10 = sehr komplex. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 105, fehlend = 19):  $\bar{x} = 7,47 \pm 2,39$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 6, Q3 = 10, IQR = 4, Min = 1, Max = 10. Laparotomie (n = 113, fehlend = 11):  $\bar{x} = 5,18 \pm 2,64$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 7, IQR = 4, Min = 0, Max = 10. Laparoskopie (n = 115, fehlend = 9):  $\bar{x} = 6,45 \pm 2,24$  SD,  $\tilde{x} = 7$ , Q1 = 5, Q3 = 8, IQR = 3, Min = 1, Max = 10.

## Intraoperativer Stress

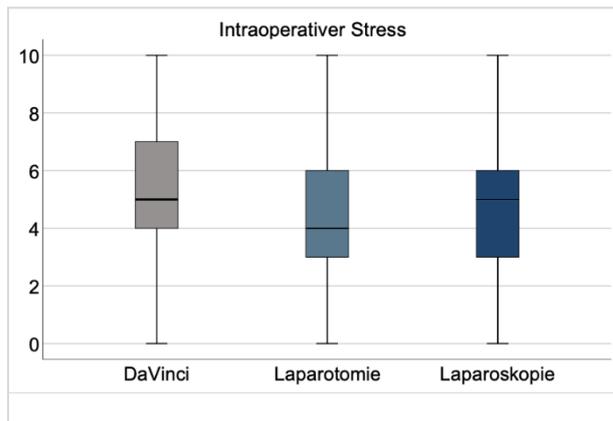
Bei der Bewertung des intraoperativen Stresses wurde die Skala mit 0 = sehr gering und 10 = sehr hoch codiert. Die Ergebnisse sind Abbildung 20 zu entnehmen.

### Intraoperativer Stress nach Funktion

Zur Fallzahloptimierung wurde für die Auswertung der Charakteristika körperliche und psychische Belastung sowie intraoperativer Stress die Funktionsklassen der Operierenden neu gruppiert: Assistenz- und Fachärzt\*innen, Oberärzt\*innen und leitende Oberärzt\*innen sowie Chefärzt\*innen und Klinikdirektor\*innen wurden in drei Gruppen neu zusammengefasst. Der intraoperative Stress der Operateur\*innen nach Funktion und Operationsmethode ist Abbildung 21, Abbildung 22 und Abbildung 23 zu entnehmen.

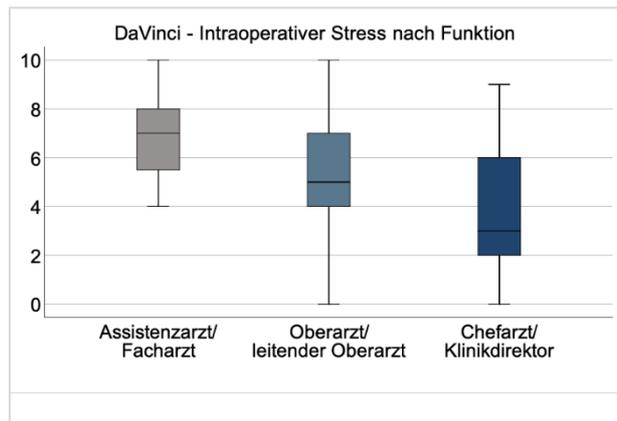
### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Univariate Analyse



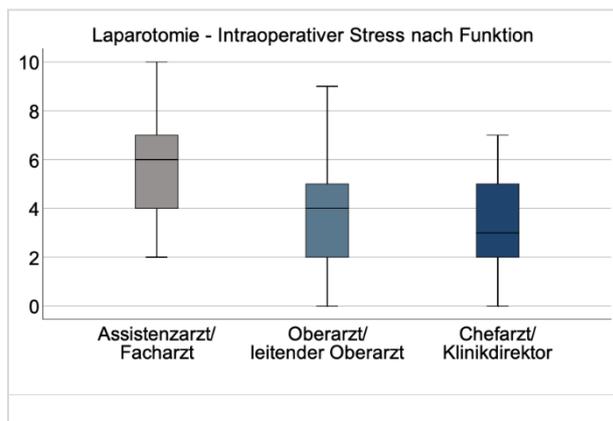
**Abbildung 20 – Intraoperativer Stress**

Darstellung des durch die Chirurg\*innen wahrgenommenen intraoperativen Stresses bei den unterschiedlichen OP-Methoden mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 97, fehlend = 27):  $\bar{x} = 5,32 \pm 2,56$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 110, fehlend = 14):  $\bar{x} = 4,25 \pm 2,29$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q1 = 3, Q3 = 6, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Laparoskopie (n = 110, fehlend = 14):  $\bar{x} = 4,78 \pm 2,20$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 6, IQR = 3, Min = 0, Max = 10.



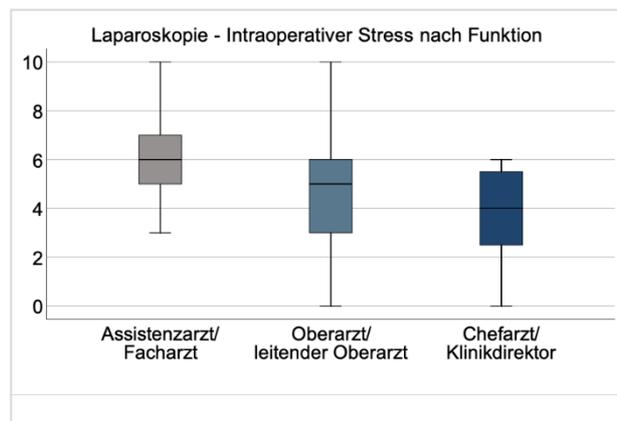
**Abbildung 21 – Intraoperativer Stress nach Funktion DaVinci-Verfahren**

Darstellung des intraoperativen Stresses bei DaVinci-Operationen nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch Assistenz- bzw. Fachärzt\*innen:  $\bar{x} = 6,89 \pm 1,82$  SD,  $\tilde{x} = 7$ , Q1 = 5, Q3 = 8, IQR = 3, Min = 4, Max = 10. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen:  $\bar{x} = 5,05 \pm 2,48$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Chefärzt\*innen sowie Klinikdirektor\*innen:  $\bar{x} = 4,20 \pm 2,98$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 6, IQR = 4, Min = 0, Max = 9.



**Abbildung 22 – Intraoperativer Stress nach Funktion Laparotomie**

Darstellung des intraoperativen Stresses bei Laparotomie nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen:  $\bar{x} = 5,74 \pm 2,26$  SD,  $\tilde{x} = 6$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 2, Max = 10. Oberärzt\*innen/leitenden Oberärzt\*innen:  $\bar{x} = 3,93 \pm 2,18$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q2 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 9. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen:  $\bar{x} = 3,27 \pm 2,25$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 7.



**Abbildung 23 – Intraoperativer Stress nach Funktion Laparoskopie**

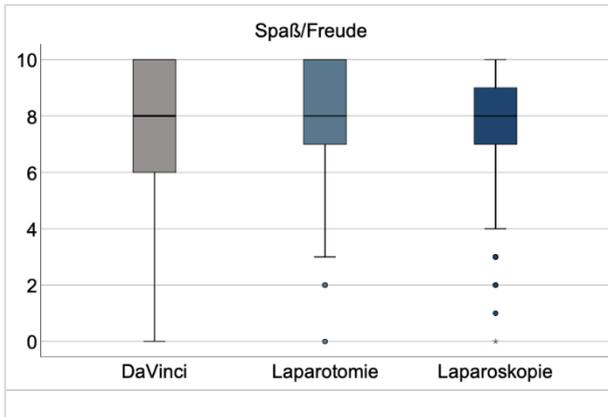
Darstellung des intraoperativen Stresses bei der Laparoskopie nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- bzw. Fachärzt\*innen:  $\bar{x} = 6,21 \pm 1,78$  SD,  $\tilde{x} = 6$ , Q1 = 5, Q3 = 7, IQR = 2, Min = 3, Max = 10. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen:  $\bar{x} = 4,44 \pm 2,27$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 6, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen:  $\bar{x} = 3,73 \pm 2,05$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q1 = 2, Q3 = 6, IQR = 4, Min = 0, Max = 6.

### Spaß/Freude

Auch hier wurde erneut eine numerische Analog-Skala verwendet (0 = kein Spaß/Freude und 10 = viel Spaß/Freude). Die Ergebnisse sind in Abbildung 24 dargestellt.

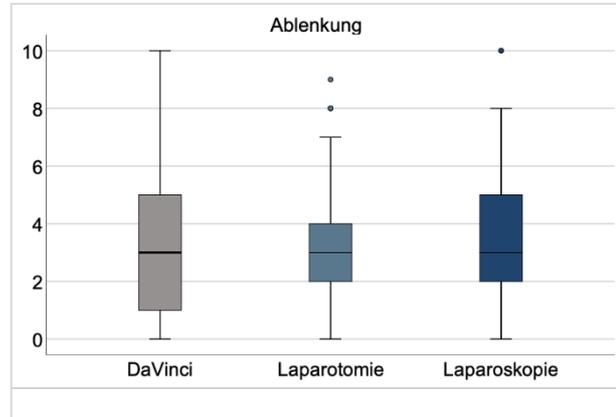
### Intraoperative Ablenkung

Auch hier wurde den Antwortenden eine numerische Analogskala zur Bewertung vorgegeben. Die angewendete unipolare Skala wurde mit 0 = sehr gering und 10 = sehr stark codiert. Die Antworten sind Abbildung 25 zu entnehmen.



**Abbildung 24 – Spaß/Freude**

Der Box-Plot zeigt die von den Operateuren und Operateurinnen angegebene Spaß/Freude bei den unterschiedlichen operativen Zugangswegen mit y-Achse 0 = kein Spaß/Freude, 10 = viel Spaß/Freude. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 108, fehlend = 16):  $\bar{x} = 7,51 \pm 2,53$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 6, Q3 = 10, IQR = 4, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 121, fehlend = 3):  $\bar{x} = 8,05 \pm 1,93$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 7, Q3 = 10, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Laparoskopie (n = 123, fehlend = 1):  $\bar{x} = 7,72 \pm 2,19$  SD,  $\tilde{x} = 8$ , Q1 = 7, Q3 = 9, IQR = 2, Min = 0, Max = 10.



**Abbildung 25 – Ablenkung**

Box-Plot mit Übersicht über die wahrgenommene Ablenkung bei den unterschiedlichen OP-Verfahren mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr stark. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 108, fehlend = 16):  $\bar{x} = 3,31 \pm 2,58$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 1, Q3 = 5, IQR = 4, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 119, fehlend = 5):  $\bar{x} = 3,19 \pm 2,04$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 4, IQR = 2, Min = 0, Max = 9. Laparoskopie (n = 120, fehlend = 4):  $\bar{x} = 3,42 \pm 2,29$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 10.

### Zeitdruck

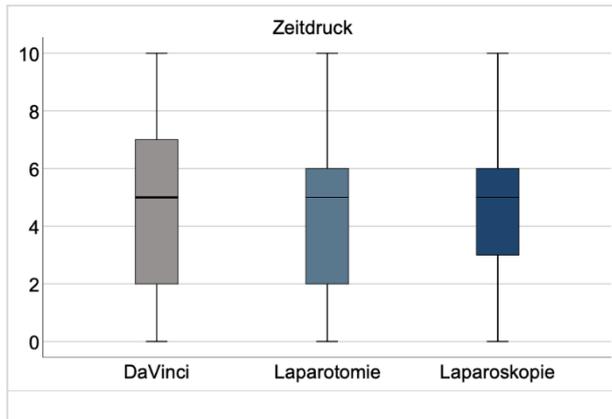
Auch hier kam die numerische Analogskala zur Anwendung. Die vorgegebenen Polantworten lauteten 0 = sehr gering und 10 = sehr hoch. Die ausführlichen Ergebnisse sind Abbildung 26 zu entnehmen.

### Wahrnehmung des intraoperativen Stresses

Bei der Wahrnehmung des intraoperativen Stresses wurde bei der Skalenpolarität erneut eine unipolare Skala mit 0 = sehr negativ und 10 = sehr positiv verwendet. Die Antworten sind Abbildung 27 zu entnehmen.

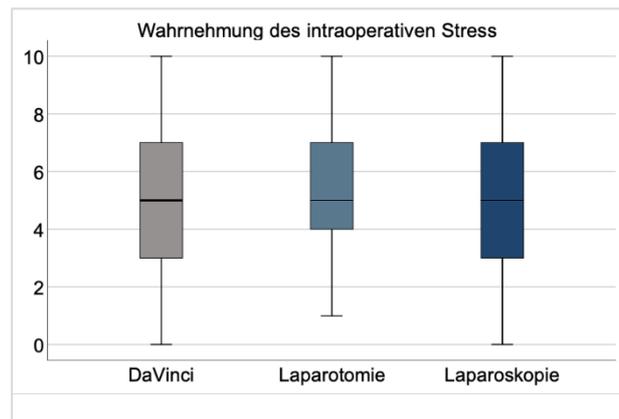
### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Univariate Analyse



**Abbildung 26 – Zeitdruck**

Box-Plot-Darstellung des wahrgenommenen Zeitdrucks bei den unterschiedlichen Operationsmethoden mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 100, fehlend = 24):  $\bar{x} = 4,63 \pm 2,81$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 2, Q3 = 7, IQR = 5, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 110, fehlend = 14):  $\bar{x} = 4,32 \pm 2,60$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 2, Q3 = 6, IQR = 4, Min = 0, Max = 10. Laparoskopie (n = 111, fehlend = 13):  $\bar{x} = 4,72 \pm 2,57$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 6, IQR = 3, Min = 0, Max = 10.



**Abbildung 27 – Wahrnehmung des intraoperativen Stresses**

Box-Plot-Darstellung der Wahrnehmung des intraoperativen Stresses der Chirurgen und Chirurginnen bei den unterschiedlichen OP-Methoden mit y-Achse 0 = sehr negativ, 10 = sehr positiv. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 106, fehlend = 18):  $\bar{x} = 5,11 \pm 2,13$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 7, IQR = 4, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 118, fehlend = 6):  $\bar{x} = 5,52 \pm 2,00$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 1, Max = 10. Laparoskopie (n = 119, fehlend = 5):  $\bar{x} = 5,16 \pm 2,08$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 7, IQR = 4, Min = 0, Max = 10.

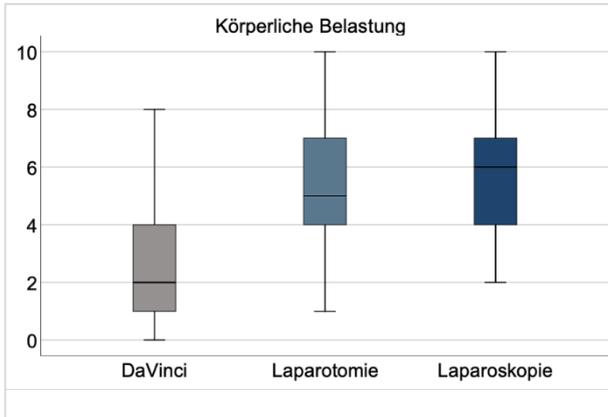
#### 3.1.4.1 Körperliche Belastung, Ursachen, Symptome, Häufigkeit und Auftreten intraoperativer Komplikationen

##### *Körperliche Belastung*

Die numerische Analogskala, die zur Beurteilung der körperlichen Belastung der unterschiedlichen OP-Verfahren verwendet wurde, wurde mit den Skalenniveaus 0 = sehr gering und 10 = sehr hoch codiert. Die vollständigen Ergebnisse sind Abbildung 28 zu entnehmen.

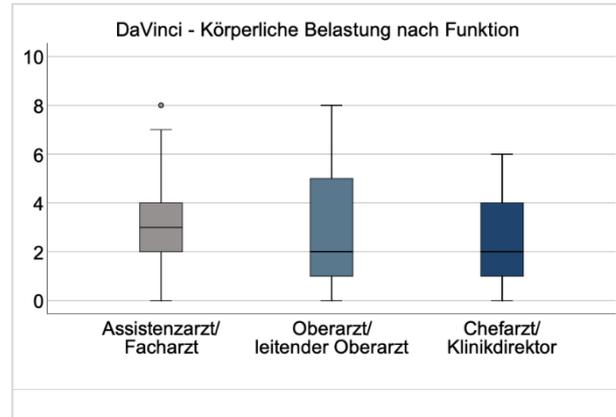
## Körperlichen Belastung nach Funktionsgruppe

Die Auswertung der körperlichen Belastung der OP-Verfahren nach Funktionsgruppe der Operierenden kann Abbildung 29, Abbildung 30 und Abbildung 31 entnommen werden.



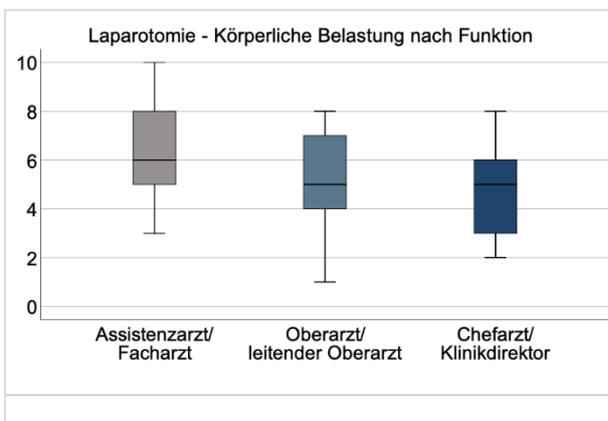
**Abbildung 28 – Körperliche Belastung**

Darstellung der körperlichen Belastung der OP-Verfahren mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. DaVinci (n = 106, fehlend = 18):  $\bar{x} = 2,89 \pm 2,18$  SD,  $\tilde{x} = 2$ , Q1 = 1, Q3 = 4, IQR = 3, Min = 0, Max = 8. Laparotomie (n = 118, fehlend = 6):  $\bar{x} = 5,45 \pm 1,87$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 1, Max = 10. Laparoskopie (n = 118, fehlend = 6):  $\bar{x} = 5,67 \pm 2,07$  SD,  $\tilde{x} = 6$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 2, Max = 10.



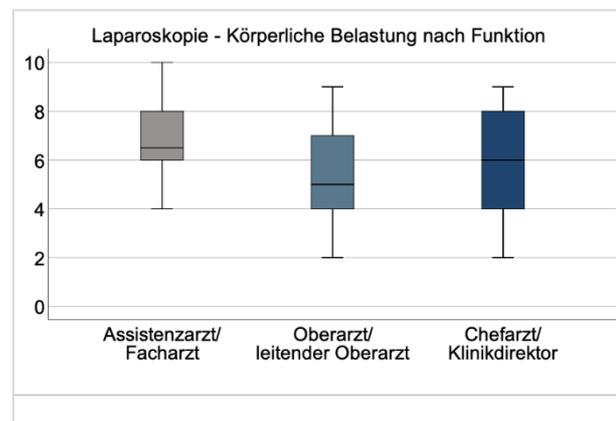
**Abbildung 29 – Körperliche Belastung nach Funktion DaVinci-Verfahren**

Darstellung der körperlichen Belastung bei DaVinci-Operationen nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz-/Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 3,18 \pm 2,17$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 4, IQR = 2, Min = 0, Max = 8. Oberärzt\*innen/leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 2,77 \pm 2,22$  SD,  $\tilde{x} = 2$ , Q1 = 1, Q3 = 5, IQR = 4, Min = 0, Max = 8. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 18, fehlend = 2):  $\bar{x} = 2,83 \pm 2,15$  SD,  $\tilde{x} = 2$ , Q1 = 1, Q3 = 4,5, IQR = 3,5, Min = 0, Max = 6.



**Abbildung 30 – Körperliche Belastung nach Funktion Laparotomie**

Darstellung der körperlichen Belastung bei der Laparotomie nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 6,50 \pm 2,20$  SD,  $\tilde{x} = 6$ , Q1 = 4,75, Q3 = 8,25, IQR = 3,5, Min = 3, Max = 10. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 5,31 \pm 1,66$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 1, Max = 8. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 18, fehlend = 2):  $\bar{x} = 4,78 \pm 1,83$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 6, IQR = 3, Min = 2, Max = 8.



**Abbildung 31 – Körperliche Belastung nach Funktion Laparoskopie**

Darstellung der körperlichen Belastung bei der Laparoskopie nach Funktion mittels Box-Plot mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 6,73 \pm 1,70$  SD,  $\tilde{x} = 6,5$ , Q1 = 6, Q3 = 8, IQR = 2, Min = 4, Max = 10. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 5,25 \pm 2,07$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3,5, Q3 = 7, IQR = 3,5, Min = 2, Max = 9. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 18, fehlend = 2):  $\bar{x} = 5,89 \pm 2,27$  SD,  $\tilde{x} = 6$ , Q1 = 4, Q3 = 8, IQR = 4, Min = 2, Max = 9.

### Ursachen der körperlichen Belastung (n = 418, Mehrfachantworten)

Bei dieser Frage wurde den Teilnehmenden eine Auswahl von potenziellen Ursachen für die intraoperative körperliche Belastung angegeben und die Möglichkeit der Mehrfachantworten-Auswahl sowie Freitextantwort gewährt. Abbildung 32 zeigt die Darstellung der angegebenen Ursachen auf Basis der Zahl der Befragten.

### Körperliche Symptomatik (n = 120, fehlend = 4)

Die Frage, ob sich aufgrund der physischen Belastung der operativen Tätigkeit bereits körperliche Symptome eingestellt haben, bejahten 61,29 % der Operateur\*innen. 33,87 % verneinten die Frage (siehe Abbildung 33).

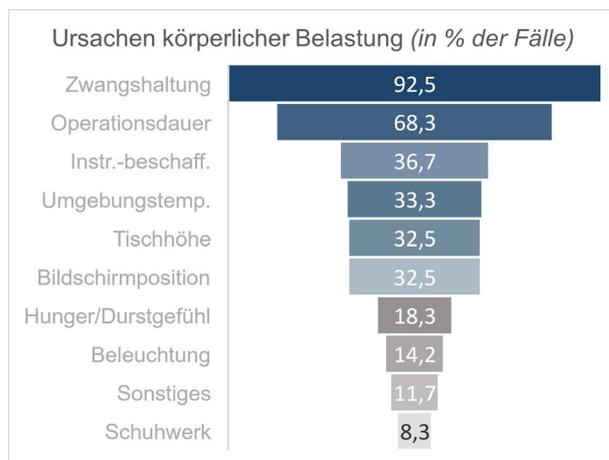


Abbildung 32 – Ursachen der körperlichen Belastung  
Als Basis für die Prozentuierung der Antworten diente die Zahl der Befragten.

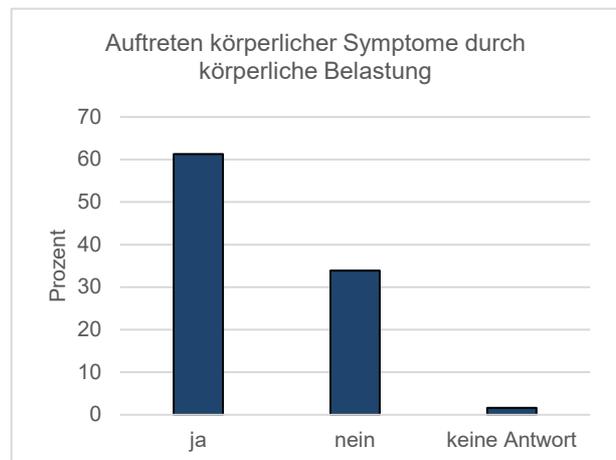


Abbildung 33 – Auftreten körperlicher Symptome  
Beantwortungen zur Frage nach dem Auftreten körperlicher Symptome durch die körperliche, intraoperative Belastungssituation. 61,29 % (n = 76) der Operateur\*innen gaben an, bereits körperliche Symptome erlitten zu haben, 33,87 % (n = 42) verneinten die Frage und 1,61 % (n = 2) beantworteten die Frage nicht.

Die Frage nach dem Auftreten von Symptomen wurde als Filter-Frage verwendet. Die folgenden drei Fragen wurden lediglich jenen Operateur\*innen präsentiert, die die Frage nach der körperlichen Symptomatik mit *ja* beantworteten. Es ergaben sich im Folgenden daher niedrigere absolute Antwortzahlen.

### Intraoperative Komplikationen durch körperliche Symptome (n = 75)

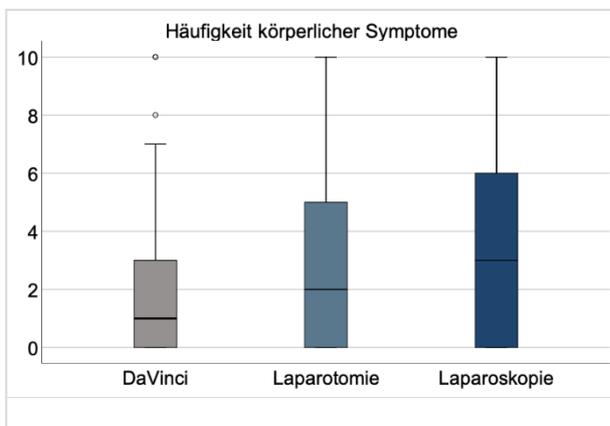
Ob die physische Symptomatik bereits zu intraoperativen Komplikationen geführt habe, beantworteten 96,00 % mit *nein*, 4,00 % der befragten Operateur\*innen wählten die Antwortmöglichkeit *keine Antwort*.

### Häufigkeit der körperlichen Symptome

Bei der Beantwortung der Frage nach der Häufigkeit körperlicher Symptome bei den unterschiedlichen operativen Methoden wurde ein bipolares Skalenformat mit 0 = nie und 10 = immer gewählt. Die Detailergebnisse sind Abbildung 35 zu entnehmen.

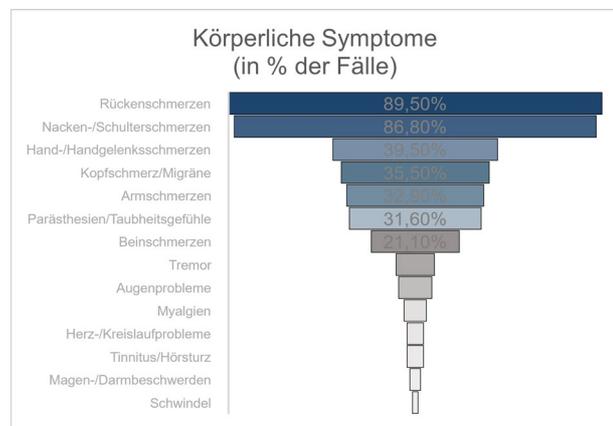
### Art der körperlichen Symptome

Die Frage galt der Art, der durch die Operateur\*innen erlebten, körperlichen Symptome. Es wurden unterschiedliche Symptome präsentiert. Eine Mehrfachantwort war möglich und auch die Option zur Freitextantwort war gegeben. Das Balkendiagramm (siehe Abbildung 34) zeigt die genannten Symptome nach Häufigkeit auf Basis der Zahl der Befragten.



**Abbildung 35 – Häufigkeit körperlicher Symptome nach OP-Verfahren**

Darstellung der Häufigkeit körperlicher Symptome mittels Box-Plot-Darstellung mit y-Achse 0 = nie, 10 = immer. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 109, fehlend = 15):  $\bar{x} = 1,67 \pm 2,20$  SD,  $\tilde{x} = 1$ , Q1 = 0, Q3 = 3, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 117, fehlend = 7):  $\bar{x} = 2,79 \pm 2,76$  SD,  $\tilde{x} = 2$ , Q1 = 0, Q3 = 5, IQR = 5, Min = 0, Max = 10. Laparoskopie (n = 117, fehlend = 7):  $\bar{x} = 3,23 \pm 3,06$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 0, Q3 = 6, IQR = 6, Min = 0, Max = 10.



**Abbildung 34 – Übersicht körperlicher Symptome**  
Körperliche Symptome in absteigender Häufigkeit der Antworthäufigkeit sortiert. Als Basis für die Prozentuierung der Antworten dient die Zahl der Befragten. Mit Tremor = 9,20 %, Augenprobleme 2,10 %, Myalgien 1,40 %, Herz-/Kreislaufprobleme 1,10 %, Tinnitus/Hörsturz 1,10 %, Magen-/Darmbeschwerden 0,70 % und Schwindel 0,40 %.

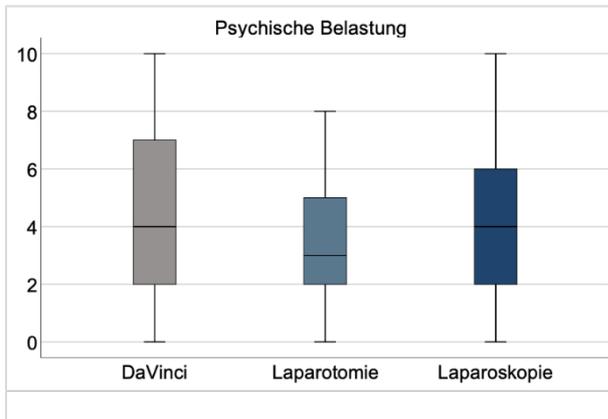
### 3.1.4.2 Psychische Belastung, Ursachen, Symptome, Häufigkeit und Auftreten intraoperativer Komplikationen

#### Psychische Belastung der unterschiedlichen OP-Verfahren

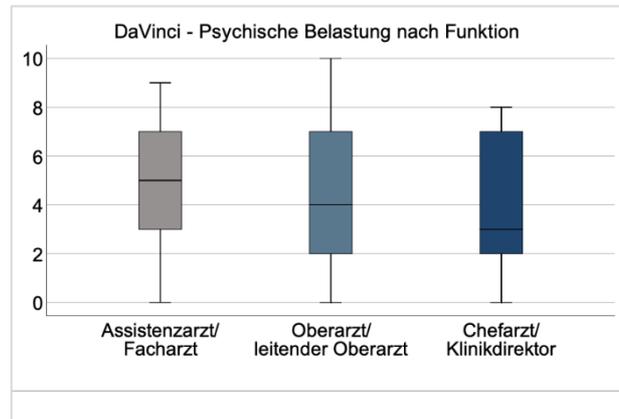
Auch bei der Abfrage der psychischen Belastung in Abhängigkeit der OP-Methode wurden die Polantworten 0 = sehr gering und 10 = sehr hoch vorgegeben (siehe Abbildung 37).

### Psychische Belastung nach Funktionsgruppe

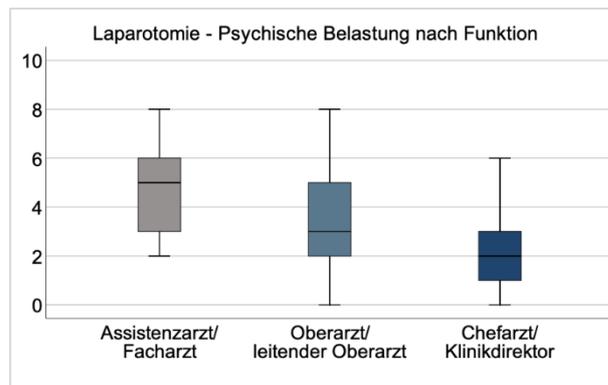
Ebenso wurde die psychische Belastung der OP-Verfahren nach der Funktion der Operierenden ermittelt. Die Ergebnisse können Abbildung 36, Abbildung 38 und Abbildung 39 entnommen werden.



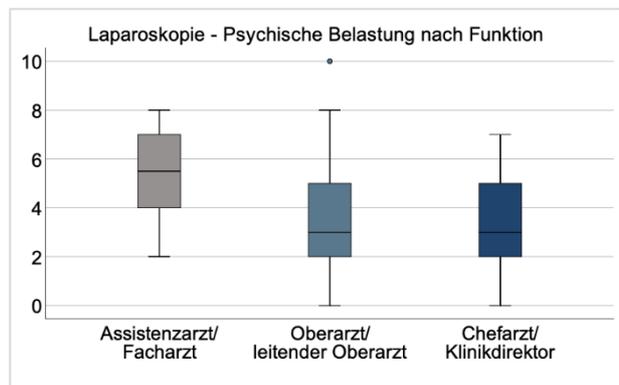
**Abbildung 37 – Psychische Belastung**  
Darstellung der durch die Operateur\*innen wahrgenommenen psychischen Belastung bei den unterschiedlichen operativen Methoden mittels Box-Plot-Darstellung mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Roboter-assistierte Operationen (DaVinci) (n = 104, fehlend = 20):  $\bar{x} = 4,54 \pm 2,61$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q1 = 2, Q3 = 7, IQR = 5, Min = 0, Max = 10. Laparotomie (n = 116, fehlend = 8):  $\bar{x} = 3,61 \pm 2,14$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 8. Laparoskopie (n = 116, fehlend = 8):  $\bar{x} = 4,00 \pm 2,11$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q1 = 2, Q3 = 6, IQR = 4, Min = 0, Max = 10.



**Abbildung 36 – Psychische Belastung nach Funktion DaVinci-Verfahren**  
Darstellung der psychischen Belastung bei der DaVinci-Methode nach Funktion mittels Box-Plot-Darstellung mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 4,95 \pm 2,57$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 2,75, Q3 = 7, IQR = 4,25, Min = 0, Max = 9. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 4,43 \pm 2,52$  SD,  $\tilde{x} = 4$ , Q1 = 2, Q3 = 7, IQR = 5, Min = 0, Max = 10. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 17, fehlend = 3):  $\bar{x} = 4,12 \pm 3,04$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 7,5, IQR = 5,5, Min = 0, Max = 8.



**Abbildung 38 – Psychische Belastung nach Funktion Laparotomie**  
Darstellung der psychischen Belastung bei der Laparotomie nach Funktion mittels Box-Plot-Darstellung mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 4,77 \pm 1,93$  SD,  $\tilde{x} = 5$ , Q1 = 3, Q3 = 6,25, IQR = 3,25, Min = 2, Max = 8. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 3,51 \pm 2,08$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 8. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 17, fehlend = 3):  $\bar{x} = 2,24 \pm 1,86$  SD,  $\tilde{x} = 2$ , Q1 = 0,5, Q3 = 3, IQR = 2,5, Min = 0, Max = 6.



**Abbildung 39 – Psychische Belastung nach Funktion Laparoskopie**  
Darstellung der psychischen Belastung bei der Laparoskopie nach Funktion mittels Box-Plot-Darstellung mit y-Achse 0 = sehr gering, 10 = sehr hoch. Assistenz- und Fachärzt\*innen (n = 22, fehlend = 5):  $\bar{x} = 5,23 \pm 1,66$  SD,  $\tilde{x} = 5,5$ , Q1 = 4, Q3 = 7, IQR = 3, Min = 2, Max = 8. Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen (n = 61, fehlend = 7):  $\bar{x} = 3,75 \pm 2,10$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 2, Q3 = 5, IQR = 3, Min = 0, Max = 10. Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen (n = 17, fehlend = 3):  $\bar{x} = 3,12 \pm 2,21$  SD,  $\tilde{x} = 3$ , Q1 = 1,5, Q3 = 5, IQR = 3,5, Min = 0, Max = 7.

### Ursachen psychischer Belastung

Auch bei dieser Frage wurde den Befragten eine Auswahl an unterschiedlichen möglichen Ursachen für intraoperative psychische Belastung angeboten. Erneut bestand die Möglichkeit der Mehrfachantworten-Auswahl sowie der Freitexteingabe. Das Diagramm (siehe Abbildung 40) zeigt die prozentuale Verteilung aller Antworten auf Basis der Zahl der Befragten.

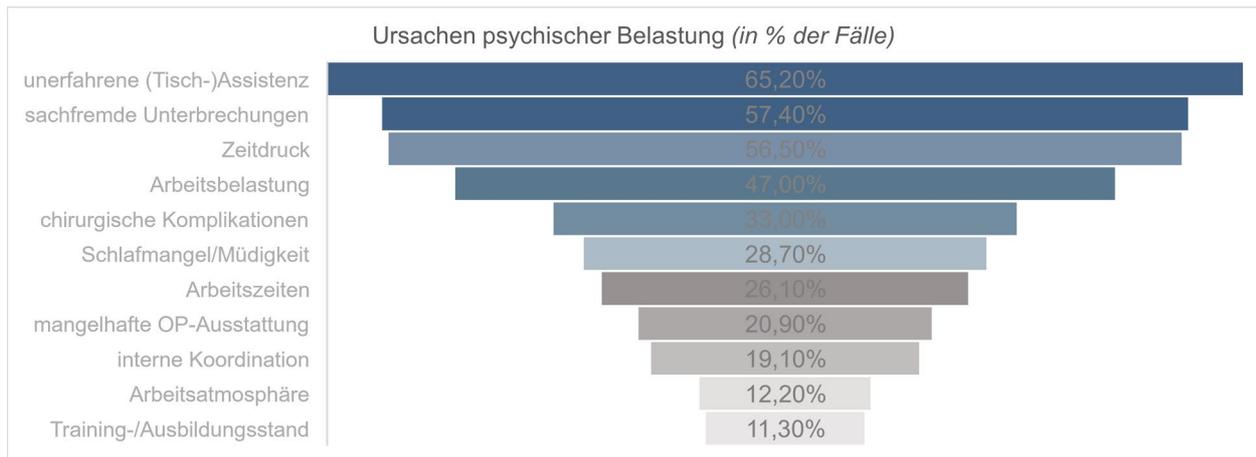


Abbildung 40 – Ursachen psychischer Belastung  
Als Basis für die Prozentuierung der Antworten dient die Zahl der Befragten.

### Psychische Symptomatik (n = 119, fehlend = 5)

13,71 % der Operierenden beantworteten die Frage nach dem Vorhandensein psychischer Symptome aufgrund der psychischen Belastung der operativen Tätigkeit mit **ja** (siehe Abbildung 41).

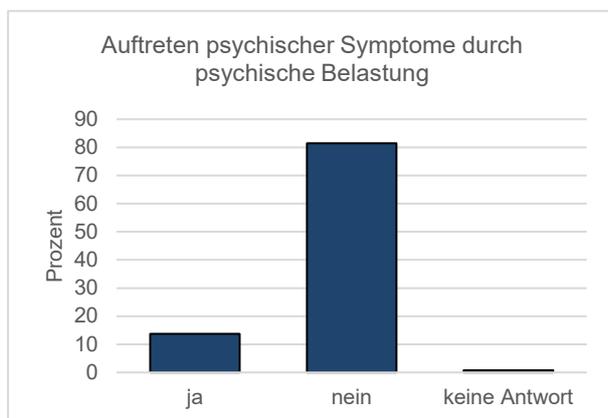


Abbildung 41 – Auftreten psychischer Symptome  
Übersicht der Antworten zu der Frage nach dem Auftreten psychischer Symptome durch die psychische Belastung. 81,45 % (n = 101) der befragten Operateur\*innen gaben an, nicht unter psychischen Symptomen zu leiden. 13,71 % (n = 17) der Chirurg\*innen gaben die Existenz von Symptomen an und 0,81 % (n = 1) machten keine Angabe.

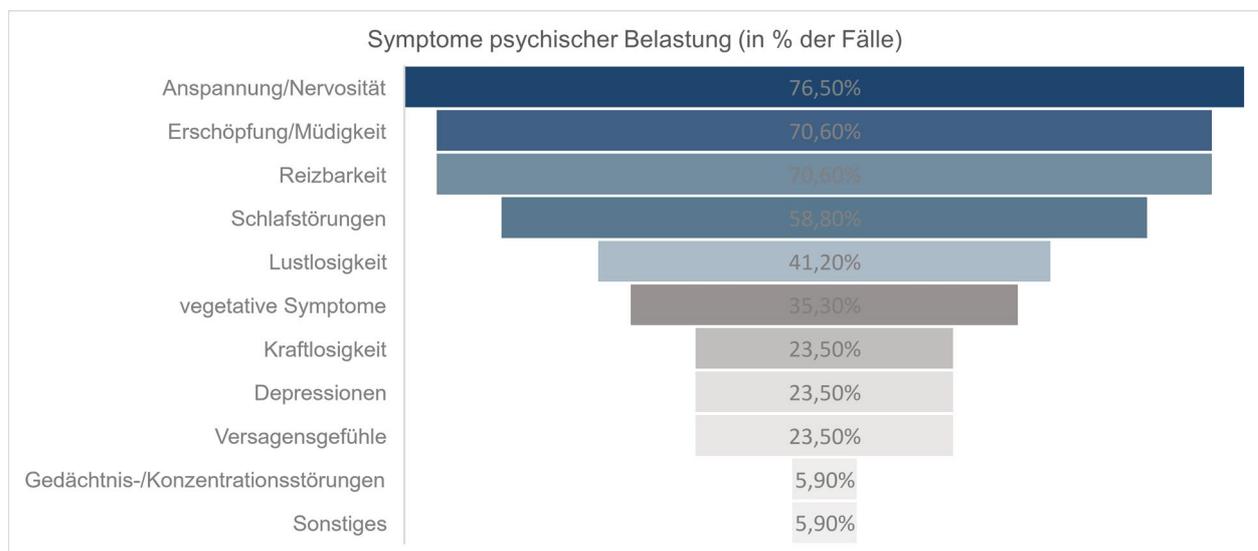
Auch diese Frage fungierte als Filter-Frage. Die folgenden zwei Fragen wurden lediglich jenen Operateur\*innen gestellt, die die vorliegende Frage nach der psychischen Symptomatik bejahten. Daher ergeben sich auch für diese Fragen niedrigere absolute Antwortzahlen.

#### *Auftreten intraoperativer Komplikationen durch die psychische Symptomatik (n = 17)*

Die Frage, ob die psychische Symptomatik bereits zu chirurgischen Komplikationen geführt habe, beantworteten 11,76 % (n = 2) der Befragten mit *ja*. 82,35 % (n = 14) der Befragten beantworteten die Frage mit *nein* und 5,88 % (n = 1) bevorzugten *keine Antwort* anzugeben.

#### *Art der psychischen Symptome (n = 74)*

Auch bei der Frage nach der Art der psychischen Symptome handelte es sich um ein Mehrfachantworten-Set. Erneut wurde den Teilnehmenden die Möglichkeit der Freitextantwort eingeräumt. 76,00 % gaben an, unter drei bis fünf Symptomen zu leiden oder gelitten zu haben. Das folgende Diagramm (siehe Abbildung 42) zeigt die prozentuale Verteilung aller Antworten.



**Abbildung 42 – Symptome psychischer Belastung**

*Symptome der intraoperativen psychischen Belastung. Als Basis für die Prozentuierung der Antworten dient die Zahl der Befragten.*

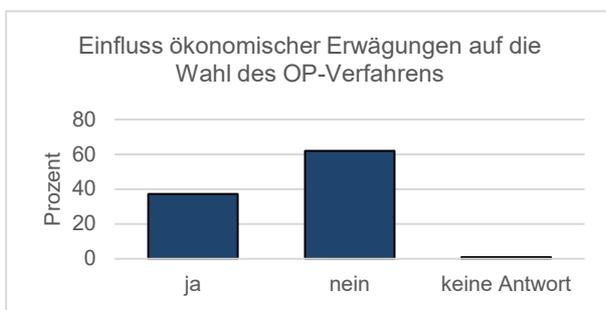
### 3.1.5 Relevanz der Roboter-Chirurgie, Einfluss ökonomischer Erwägungen und Substitution der Operateur\*innen durch neue Technologien

*Einfluss ökonomischer Erwägungen auf die Wahl des Operationsverfahrens (n = 113, fehlend = 11)*

Die Frage danach, ob ökonomische Erwägungen die Wahl des Operationsverfahrens beeinflussen bejahten 33,87 % der Umfrage-Teilnehmenden (siehe Abbildung 43).

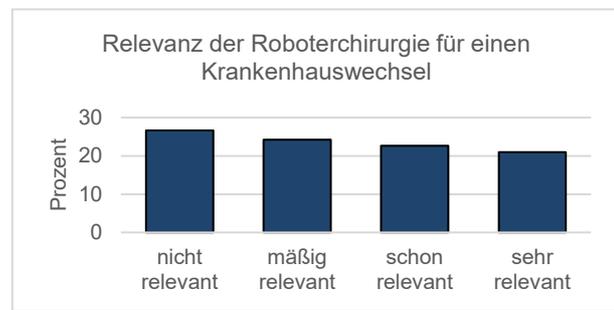
*Relevanz der Roboterchirurgie für einen Krankenhaus-Wechsel (n = 117, fehlend = 7)*

50,81 % der Operierenden (n = 63) gaben an, dass die Möglichkeit der Ausübung der Roboterchirurgie für einen Wechsel in ein anderes Haus nicht bis mäßig relevant sei. Alle Antworten sind in Abbildung 44 dargestellt.



**Abbildung 43 – Einfluss ökonomischer Erwägung auf die Wahl des OP-Verfahrens**

Darstellung der Antworten (n = 113, fehlend = 11) auf die Frage zur Beeinflussung der Wahl des Operationsverfahrens durch ökonomische Erwägungen. Die Frage wurde von 33,87 % mit ja und von 56,45 % der befragten Operierenden mit nein beantwortet. 0,81 % bevorzugten keine Antwort abzugeben.



**Abbildung 44 – Relevanz der Roboterchirurgie für einen Krankenhauswechsel**

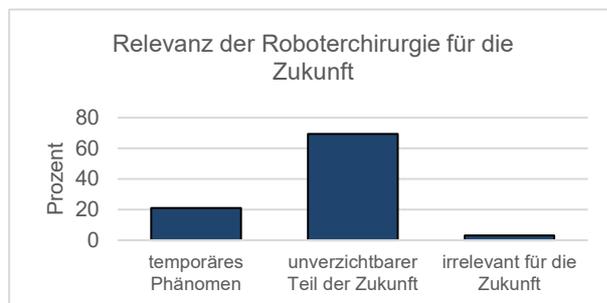
Darstellung der Antworten (n= 117, fehlend = 7) der Frage nach der Relevanz der Roboterchirurgie für einen Krankenhauswechsel. 26,61 % der Operateur\*innen empfanden dies als nicht relevant, 24,19 % als mäßig relevant, 22,58 % als schon relevant und 20,97 % als sehr relevant.

*Relevanz der Roboter-Chirurgie für die Zukunft (n = 116, fehlend = 8)*

Von den Chirurg\*innen geben 69,35 % an, dass die Roboter-Chirurgie einen unverzichtbaren Teil der Zukunft ausmacht. 20,97 % halten sie demgegenüber für ein temporäres Phänomen und 3,23 % befinden das Verfahren als irrelevant für die Zukunft (siehe Abbildung 45).

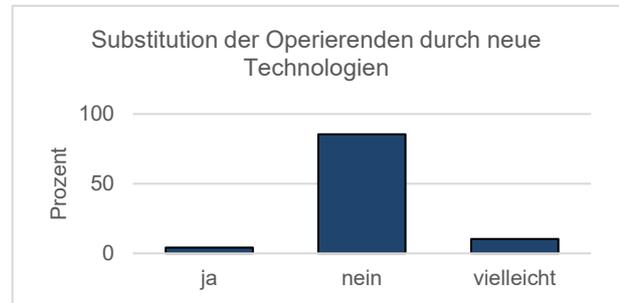
### Substitution der Operierenden durch neue Technologien (n = 117, fehlend = 7)

Die Frage, ob neue Technologien dazu führen, dass Operierende zukünftig überflüssig werden, beantworteten 80,65 % mit *nein*. Nur 13,71 % der Befragten beantworten die Frage mit *ja* oder *vielleicht* (siehe Abbildung 46).



**Abbildung 45 – Relevanz der Roboterchirurgie für die Zukunft**

Darstellung der Antworten (n= 116, fehlend = 8) zur Einschätzung der Relevanz der Roboterchirurgie für die Zukunft. 20,97 % der Antwortenden halten die Roboterchirurgie für ein temporäres Phänomen, 69,35 % für einen unverzichtbaren Teil der Zukunft und 3,23 % erachten diese als irrelevant für die Zukunft.



**Abbildung 46 – Substitution der Operierenden durch neue Technologien**

Darstellung der Antworten (n= 117, fehlend = 7) auf die Frage, ob neue Technologien Operateur\*innen in Zukunft überflüssig machen: 4,03 % beantworten die Frage mit ja, 80,65 % halten dies für nicht möglich (nein) und 9,68 % beantworten die Frage mit vielleicht.

## 3.2 Multivariate Analyse

Auf den folgenden Seiten wird – beginnend mit der Messwiederholungs-ANOVA – die multivariate Analyse wiedergegeben. Es folgen Zusammenhangs-, Regressions- und Mediationsanalysen.

Aufgrund des Umfangs der vorliegenden Arbeit werden in der Wiedergabe der Studienergebnisse weitestgehend nur jene Analysen präsentiert, die in der Betrachtung signifikante Zusammenhänge zeigen.

### 3.2.1 Messwiederholungs-ANOVA

Die Anzahl eingeschlossener Antworten differiert zwischen den Fragen, da in den Analysen nur die Antworten jener Operateur\*innen eingeschlossen wurden, die Beantwortungen zu allen jeweiligen Items angegeben haben.

### Körperliche Belastung

Bei der Auswertung der körperlichen Belastung der Operateur\*innen, die alle drei OP-Verfahren durchführen, zeigte sich für offene chirurgische Eingriffe ein Mittelwert von  $\bar{x} = 5,49$  ( $\sigma = 1,88$ ), bei den minimal invasiven Eingriffen für die DaVinci-Methode ein Mittelwert von  $\bar{x} = 2,90$  ( $\sigma = 2,20$ ) und für die Laparoskopie von  $\bar{x} = 5,69$  ( $\sigma = 2,08$ ) (siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2 – Deskriptive Statistik der körperlichen Belastung nach OP-Verfahren**

Mit  $n = 104$ , unter Angabe von Mittelwert, Median sowie Standard-Abweichung ( $\sigma = \text{Std.-Abweichung}$ ), Minimum, Maximum und Spannweite sowie Standard-Fehler. Es wurden nur die Antworten jener Operateur\*innen inkludiert, die eine körperliche Belastung zu allen drei OP-Methoden angegeben haben.

| Körperliche Belastung nach OP-Verfahren |                 |           |             |             |             |              |             |
|---|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|   |                 | DaVinci   |             | Laparotomie |             | Laparoskopie |             |
|   |                 | Statistik | Std.-Fehler | Statistik   | Std.-Fehler | Statistik    | Std.-Fehler |
| Körperliche Belastung                   | N               | 104       |             | 104         |             | 104          |             |
|   | Mittelwert      | 2,90      | 0,22        | 5,49        | 0,18        | 5,69         | 0,20        |
|   | Median          | 2         |             | 5           |             | 6            |             |
|   | Std.-Abweichung | 2,20      |             | 1,88        |             | 2,08         |             |
|   | Minimum         | 0         |             | 1           |             | 2            |             |
|   | Maximum         | 8         |             | 10          |             | 10           |             |
|   | Spannweite      | 8         |             | 9           |             | 8            |             |

Die durchgeführte Messwiederholungs-ANOVA ergibt für die körperliche Belastung nach Šidák-Korrektur einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlichen Operationsverfahren ( $F(2, 206) = 82,074$ ,  $p < ,001$ ). Ein genereller, signifikanter Unterschied in der körperlichen Belastung zwischen den unterschiedlichen Operationsverfahren kann somit nachgewiesen werden.

Die Post-hoc-Analyse zeigt beim paarweisen Vergleich der OP-Verfahren hinsichtlich der körperlichen Belastung signifikante Unterschiede zwischen der körperlichen Belastung von DaVinci und Laparotomie sowie DaVinci und Laparoskopie mit  $p < ,001$ . Ein signifikanter Unterschied zwischen Laparotomie und Laparoskopie lässt sich nicht nachweisen ( $p = ,721$ ) (siehe Tabelle 3).

**Tabelle 3 – Post-hoc-Analyse der körperlichen Belastung**  
Mit Šidák-Korrektur der körperlichen Belastung der Messwiederholungs-ANOVA

| Paarweise Vergleiche der körperlichen Belastung |              |        |
|---|--------------|--------|
| OP-Verfahren                                    |              | p-Wert |
| DaVinci   | Laparotomie  | < ,001 |
| DaVinci   | Laparoskopie | < ,001 |
| Laparotomie                                     | Laparoskopie | ,721   |

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

### Psychische Belastung

Bei der Auswertung der psychischen Belastung der Operierenden der drei chirurgischen Methoden zeigte sich für die Laparotomie  $\bar{x} = 3,59$  ( $\sigma = 2,14$ ), für das DaVinci-Verfahren  $\bar{x} = 4,53$  ( $\sigma = 2,60$ ) und für die Laparoskopie  $\bar{x} = 3,98$  ( $\sigma = 2,12$ ).

**Tabelle 4 – Deskriptive Statistik der psychischen Belastung nach OP-Verfahren**  
Mit  $n = 102$ , unter Angabe von Mittelwert, Median sowie Standard-Abweichung ( $\sigma = \text{Std.}-\text{Abweichung}$ ), Minimum, Maximum und Spannweite sowie Standard-Fehler. Es wurden nur die Antworten jener Operateur\*innen inkludiert, die die psychische Belastung zu allen drei OP-Methoden angegeben haben.

|                      |                 | DaVinci   |             | Laparotomie |             | Laparoskopie |             |
|----------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                      |                 | Statistik | Std.-Fehler | Statistik   | Std.-Fehler | Statistik    | Std.-Fehler |
| Psychische Belastung | N               | 102       |             | 102         |             | 102          |             |
|                      | Mittelwert      | 4,53      | 0,26        | 3,59        | 0,21        | 3,98         | 0,21        |
|                      | Median          | 4         |             | 3           |             | 4            |             |
|                      | Std.-Abweichung | 2,60      |             | 2,14        |             | 2,12         |             |
|                      | Minimum         | 0         |             | 0           |             | 0            |             |
|                      | Maximum         | 10        |             | 8           |             | 10           |             |
|                      | Spannweite      | 10        |             | 8           |             | 10           |             |

Die Messwiederholungs-ANOVA für die psychische Belastung ergibt nach Šidák-Korrektur einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den unterschiedlichen Operations-Verfahren ( $F(1,487, 150,14) = 11,059, p < ,001$ ). Auch hier kann somit ein genereller Unterschied in der psychischen Belastung zwischen den Verfahren angenommen werden. Beim paarweisen Vergleich mittels Post-hoc-Analysen mit Šidák-Korrektur hinsichtlich der psychischen Belastung zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen allen drei Operationsmethoden (siehe Tabelle 5).

**Tabelle 5 – Post-hoc-Analyse der psychischen Belastung**  
 Mit Sidak-Korrektur der psychischen Belastung der Messwiederholungs-ANOVA

| Paarweise Vergleiche der psychischen Belastung |              |        |
|--|--------------|--------|
| OP-Verfahren                                   |              | p-Wert |
| DaVinci  | Laparotomie  | ,001   |
| DaVinci  | Laparoskopie | ,032   |
| Laparotomie                                    | Laparoskopie | ,013   |

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

### Intraoperativer Stress

Die univariate Auswertung des intraoperativen Stresses der Operateur\*innen zeigt für die Laparotomie  $\bar{x} = 4,21$  ( $\sigma = 2,31$ ), für die Laparoskopie  $\bar{x} = 4,68$  ( $\sigma = 2,25$ ) und für das DaVinci-Verfahren  $\bar{x} = 5,28$  ( $\sigma = 2,56$ ) (siehe Tabelle 6).

**Tabelle 6 – Deskriptive Statistik des intraoperativen Stresses**  
 Mit  $n = 95$ , unter Angabe von Mittelwert, Median sowie Standard-Abweichung (Std.-Abweichung), Minimum, Maximum, Spannweite und Standard-Fehler. Es wurden nur die Antworten jener Operateur\*innen inkludiert, die den intraoperativen Stress zu allen drei OP-Methoden angegeben haben.

|                        |                 | Intraoperativer Stress nach OP-Verfahren |             |             |             |              |             |
|------------------------|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                        |                 | DaVinci                                  |             | Laparotomie |             | Laparoskopie |             |
|                        |                 | Statistik                                | Std.-Fehler | Statistik   | Std.-Fehler | Statistik    | Std.-Fehler |
| Intraoperativer Stress | N               | 95                                       |             | 95          |             | 95           |             |
|                        | Mittelwert      | 5,28                                     | 0,26        | 4,21        | 0,24        | 4,68         | 0,23        |
|                        | Median          | 5  |             | 4           |             | 5            |             |
|                        | Std.-Abweichung | 2,56                                     |             | 2,31        |             | 2,25         |             |
|                        | Minimum         | 0  |             | 0           |             | 0            |             |
|                        | Maximum         | 10                                       |             | 10          |             | 10           |             |
|                        | Spannweite      | 10                                       |             | 10          |             | 10           |             |

Die Ergebnisse der ANOVA zeigen für den intraoperativen Stress einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den Operations-Methoden ( $F(1,585, 148,999) = 10,322, p < ,001$ ). Die Post-hoc-Analyse mit Šidák-Korrektur zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe DaVinci und Laparotomie. Die Gruppe DaVinci und Laparoskopie erreicht nicht das Signifikanzniveau und auch zwischen der Laparotomie und Laparoskopie kann kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (siehe Tabelle 7).

**Tabelle 7 – Post-hoc-Analyse intraoperativer Stress**  
Mit Sidak-Korrektur des intraoperativen Stresses der Messwiederholungs-ANOVA

| Paarweise Vergleiche des intraoperativen Stresses |              |        |
|---|--------------|--------|
| OP-Verfahren                                      |              | p-Wert |
| DaVinci   | Laparotomie  | ,001   |
| DaVinci   | Laparoskopie | ,051   |
| Laparotomie                                       | Laparoskopie | ,171   |

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

### Technische Komplexität

Bei der technischen Komplexität der drei OP-Methoden erreicht die DaVinci-Methode  $\bar{x} = 7,45$  ( $\sigma = 2,40$ ), die Laparoskopie  $\bar{x} = 6,34$  ( $\sigma = 2,28$ ) und die Laparotomie  $\bar{x} = 5,27$  ( $\sigma = 2,64$ ) (siehe Tabelle 8).

**Tabelle 8 – Deskriptive Beschreibung der technischen Komplexität der unterschiedlichen OP-Verfahren**  
Mit  $n = 103$ , unter Angabe von Mittelwert, Median sowie Standard-Abweichung (Std.-Abweichung), Minimum, Maximum, Spannweite und Standard-Fehler. Es wurden nur die Antworten jener Operateur\*innen inkludiert, die die technische Komplexität zu allen drei OP-Methoden angegeben haben.

|                        |                 | DaVinci   |             | Laparotomie |             | Laparoskopie |             |
|------------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
|                        |                 | Statistik | Std.-Fehler | Statistik   | Std.-Fehler | Statistik    | Std.-Fehler |
| Technische Komplexität | N               | 103       |             | 103         |             | 103          |             |
|                        | Mittelwert      | 7,45      | 0,24        | 5,27        | 0,26        | 6,34         | 0,23        |
|                        | Median          | 8         |             | 5           |             | 7            |             |
|                        | Std.-Abweichung | 2,40      |             | 2,64        |             | 2,28         |             |
|                        | Minimum         | 1         |             | 0           |             | 1            |             |
|                        | Maximum         | 10        |             | 10          |             | 10           |             |
|                        | Spannweite      | 9         |             | 10          |             | 9            |             |

Die Messwiederholungs-ANOVA mit Greenhouse-Geiser-Korrektur zeigt einen signifikanten Unterschied in der technischen Komplexität der Operations-Verfahren ( $F(1,736, 177,034) = 44,980, p < ,001$ ). Die Post-hoc-Analyse zeigt statistisch signifikante Unterschiede zwischen allen drei Gruppen (siehe Tabelle 9).

*Tabelle 9 – Post-hoc-Analyse der Messwiederholungs-ANOVA  
Mit Sidak-Korrektur der technischen Komplexität*

| Paarweise Vergleiche der technischen Komplexität |              |        |
|--|--------------|--------|
| OP-Verfahren                                     |              | p-Wert |
| DaVinci  | Laparotomie  | < ,001 |
| DaVinci  | Laparoskopie | < ,001 |
| Laparotomie                                      | Laparoskopie | < ,001 |

Basiert auf den geschätzten Randmitteln

### *Spaß/Freude*

Die Messwiederholungs-ANOVA mit Greenhouse-Geiser-Korrektur kann keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen OP-Verfahren nachweisen ( $F(1,865, 197,714) = 2,101, p = ,129$ ).

### *Intraoperative Ablenkung*

Auch für die Analyse der wahrgenommenen intraoperativen Ablenkung zeigt die Messwiederholungs-ANOVA mit Greenhouse-Geiser-Korrektur keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den operativen Verfahren ( $F(1,588, 168,282) = 0,713, p = ,461$ ).

### *Zeitdruck*

Auch beim intraoperativen Zeitdruck lassen sich bei der Messwiederholungs-ANOVA mit Greenhouse-Geiser-Korrektur keine signifikanten Unterschiede zwischen den OP-Verfahren nachweisen ( $F(1,433, 139,040) = 2,474, p = ,105$ ).

### *Wahrnehmung des intraoperativen Stresses*

Die Wahrnehmung des intraoperativen Stresses zeigt ebenso keinen signifikanten Unterschied in der durchgeführten ANOVA mit Greenhouse-Geiser-Korrektur ( $F(1,785, 185,635) = 2,199, p = ,120$ ).

## 3.2.2 Zusammenhangsanalysen

Im Weiteren werden nur die Ergebnisse wiedergegeben, die in den durchgeführten Zusammenhangsuntersuchungen bei mindestens einem der operativen Verfahren das Signifikanzniveau erreichen.

### 3.2.2.1 Spearman-Korrelation

Zunächst werden die Korrelationen der unterschiedlichen Faktoren mit der körperlichen Belastung und danach mit der psychischen Belastung wiedergegeben. Die vollständige Ergebnis-Tabelle kann dem digitalen Anhang entnommen werden (siehe CD-ROM, Tabelle 2, Seite vii).

#### 3.2.2.1.1 Körperliche Belastung

Bei der körperlichen Belastung zeigte sich für keinen der unterstellten Einflussfaktoren wie Größe, Gewicht, BMI, Häufigkeit 30-minütiger Sporeinheiten pro Woche, Operationsstunden pro Tag, Überstunden oder krankheitsbedingte Fehltage der Operierenden eine signifikante Korrelation. Die stärkste Korrelation der körperlichen Belastung konnte für die psychische Belastung sowie den intraoperativen Stress nachgewiesen werden. Für folgende weitere Variablen lassen sich ebenso Zusammenhänge zeigen:

##### *Anzahl durchgeführter Eingriffe*

Die körperliche Belastung korreliert sowohl bei der Laparotomie ( $r_s = -,314$ ;  $p = ,001$ ;  $n = 116$ ) als auch der Laparoskopie ( $r_s = -,171$ ;  $p = ,068$ ;  $n = 115$ ) negativ mit der Anzahl durchgeführter Eingriffe. Die Korrelation ist lediglich bei der Laparotomie signifikant (mittlere Effektstärke nach Cohen 1988). Bei der DaVinci-Methode lässt sich keine körperliche Belastungsreduktion durch eine höhere Anzahl durchgeführter Eingriffe beobachten ( $r_s = ,015$ ;  $p = ,885$ ;  $n = 100$ ).

##### *Zufriedenheit*

Die körperliche Belastung korreliert bei der DaVinci-Methode ( $r_s = -,336$ ;  $p = ,001$ ;  $n = 101$ ) sowie der Laparoskopie ( $r_s = -,200$ ;  $p = ,035$ ;  $n = 111$ ) signifikant negativ mit der Zufriedenheit der Operierenden mit den Verfahren bei kleiner sowie mittlerer Effektstärke nach Cohen (1988). Bei der Laparotomie lässt sich kein Effekt beobachten ( $r_s = ,041$ ;  $p = ,670$ ;  $n = 112$ ).

##### *Spaß/Freude*

Die körperliche Belastung korreliert bei beiden minimalinvasiven Verfahren signifikant negativ mit der wahrgenommenen Spaß/Freude der Operierenden (DaVinci:  $r_s = -,302$ ;

$p = ,002$ ;  $n = 105$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,215$ ;  $p = ,019$ ;  $n = 118$ ). Es zeigt sich eine mittlere Effektstärke beim Roboter-gestützten Verfahren und eine kleine Effektstärke bei der Laparoskopie (nach Cohen 1988). Für die Laparotomie lässt sich kein Zusammenhang nachweisen (Laparotomie:  $r_s = -,054$ ;  $p = ,565$ ;  $n = 117$ ).

#### *Intraoperative Ablenkung*

Die durch den Operierenden wahrgenommene intraoperative Ablenkung korreliert bei DaVinci-assistierten Operationen mit mittlerer Effektstärke positiv mit der körperlichen Belastung ( $r_s = ,354$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 106$ ). Auch bei den Verfahren Laparotomie und Laparoskopie lässt sich eine positive Korrelation bei kleiner Effektstärke zeigen, jedoch ohne das Signifikanzniveau zu erreichen (Laparotomie:  $r_s = ,180$ ;  $p = ,051$ ;  $n = 118$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,176$ ;  $p = ,057$ ;  $n = 118$ ).

#### *Intraoperativer Zeitdruck*

Bei allen Verfahren zeigt sich eine positive Korrelation mit kleiner Effektstärke. Jedoch wird bei der Laparoskopie das Signifikanzniveau erreicht (DaVinci:  $r_s = ,179$ ;  $p = ,076$ ;  $n = 99$ ; Laparotomie:  $r_s = ,169$ ,  $p = ,079$ ;  $n = 109$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,216$ ;  $p = ,024$ ;  $n = 109$ ).

#### *Technische Komplexität*

Auch die technische Komplexität zeigt für das offene Verfahren und die Laparoskopie eine positive Korrelation mit der körperlichen Belastung der Operateur\*innen (Laparotomie:  $r_s = ,318$ ;  $p = ,001$ ;  $n = 113$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,226$ ;  $p = ,016$ ;  $n = 113$ ). Bei der DaVinci-Methode lässt sich kein Zusammenhang nachweisen (DaVinci:  $r_s = ,048$ ;  $p = ,635$ ;  $n = 102$ ).

#### *Intraoperativer Stress*

Der empfundene intraoperative Stress der Operateur\*innen korreliert bei allen drei Methoden hoch signifikant bei mittlerer bis großer Effektstärke nach Cohen (1988) mit der körperlichen Belastung (DaVinci:  $r_s = ,318$ ;  $p = ,002$ ;  $n = 96$ ; Laparotomie:  $r_s = ,605$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 109$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,462$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 108$ ).

#### *Häufigkeit körperlicher Symptome*

Auch die Häufigkeit der körperlichen Symptome korreliert bei allen Verfahren positiv und hoch signifikant mit der körperlichen Belastungssituation der Chirurg\*innen (DaVinci:  $r_s = ,329$ ;  $p = ,001$ ;  $n = 105$ ; Laparotomie:  $r_s = ,246$ ;  $p = ,008$ ;  $n = 116$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,411$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 116$ ).

### *Alter*

Die körperliche Belastung zeigt bei allen operativen Methoden eine negative Beziehung zum Alter der Operierenden. Bei der Laparotomie und der Laparoskopie wird das Signifikanzniveau erreicht (DaVinci:  $r_s = -,112$ ;  $p = ,259$ ;  $n = 104$ ; Laparotomie:  $r_s = -,274$ ;  $p = ,003$ ;  $n = 115$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,304$ ;  $p = ,001$ ;  $n = 115$ ).

### *Berufserfahrung*

Bei der Korrelation der Berufserfahrung mit der körperlichen Belastung zeigt sich bei der Laparotomie sowie Laparoskopie eine signifikant negative Beziehung (Laparotomie:  $r_s = -,267$ ;  $p = ,004$ ;  $n = 113$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,259$ ;  $p = ,006$ ;  $n = 113$ ). Bei der DaVinci-Methode lässt sich kein Zusammenhang belegen (DaVinci:  $r_s = -,092$ ;  $p = ,357$ ;  $n = 103$ ).

#### 3.2.2.1.2 Psychische Belastung

Bei der psychischen Belastung zeigen sich sowohl für die körperliche Belastung als auch den intraoperativen Stress hoch signifikante Zusammenhänge. Für folgende weitere Variablen ließen sich ebenso Zusammenhänge aufzeigen:

### *Körperliche Belastung*

Eine stark positive und signifikante Korrelation besteht zwischen der psychischen Belastung der Operateur\*innen und der körperlichen Belastung bei allen Verfahren (DaVinci:  $r_s = ,353$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 104$ ; Laparotomie:  $r_s = ,427$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 116$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,365$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 115$ ).

### *Anzahl durchgeführter Eingriffe*

Die psychische Belastung zeigt eine negative Korrelation zur Anzahl der durchgeführten Eingriffe bei allen Methoden bei kleiner bis mittlerer Effektstärke. Bei der Laparotomie ( $r_s = -,321$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 114$ ) und der Laparoskopie ( $r_s = -,274$ ;  $p = ,003$ ;  $n = 113$ ) erreicht sie das Signifikanzniveau, nicht jedoch bei der DaVinci-Methode ( $r_s = -,124$ ;  $p = ,223$ ;  $n = 98$ ).

### *Zufriedenheit*

Auch die Zufriedenheit der Chirurg\*innen mit den OP-Verfahren zeigt eine negative Korrelation bei allen OP-Verfahren (DaVinci:  $r_s = -,261$ ;  $p = ,009$ ;  $n = 99$ ; Laparotomie:  $r_s = -,186$ ;  $p = ,052$ ;  $n = 110$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,163$ ;  $p = ,091$ ;  $n = 109$ ) mit Erreichen des Signifikanzniveaus bei der DaVinci-Methode.

### *Spaß/Freude*

Ebenfalls zeigt die wahrgenommene Freude eine negative Korrelation bei allen chirurgischen Verfahren (DaVinci:  $r_s = -,171$ ;  $p = ,085$ ;  $n = 103$ ; Laparotomie:  $r_s = -,228$ ;  $p = ,014$ ;  $n = 115$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,151$ ;  $p = ,107$ ;  $n = 116$ ). Das Signifikanzniveau wird lediglich bei der Laparotomie erreicht.

### *Intraoperative Ablenkung*

Die wahrgenommene Ablenkung im OP-Saal zeigt bei allen Verfahren einen positiven und hoch signifikanten Zusammenhang mit der psychischen Belastung bei kleiner bis mittlerer Effektstärke (DaVinci:  $r_s = ,385$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 104$ ; Laparotomie:  $r_s = ,257$ ;  $p = ,005$ ;  $n = 116$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,253$ ;  $p = ,006$ ;  $n = 116$ ).

### *Zeitdruck*

Der subjektiv empfundene Zeitdruck der Chirurg\*innen korreliert bei allen Verfahren positiv und signifikant mit der psychischen Belastung bei kleiner bis mittlerer Effektstärke (DaVinci:  $r_s = ,285$ ;  $p = ,005$ ;  $n = 97$ ; Laparotomie:  $r_s = ,390$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 108$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,330$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 109$ ).

### *Technische Komplexität*

Auch die technische Komplexität korreliert bei allen Methoden positiv und hoch signifikant mit der psychischen Belastung bei kleiner bis mittlerer Effektstärke (DaVinci:  $r_s = ,199$ ;  $p = ,047$ ;  $n = 100$ ; Laparotomie:  $r_s = ,345$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 111$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,254$ ;  $p = ,007$ ;  $n = 112$ ).

### *Intraoperativer Stress*

Der wahrgenommene intraoperative Stress korreliert bei allen Verfahren mit stark positiver Effektstärke hoch signifikant mit der psychischen Verfasstheit der Operierenden (DaVinci:  $r_s = ,609$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 94$ ; Laparotomie:  $r_s = ,666$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 107$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,651$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 106$ ).

### *Wahrnehmung des intraoperativen Stresses*

Die Art der Wahrnehmung des intraoperativen Stresses korreliert beim Roboter-gestützten Verfahren bei mittlerer negativer Effektstärke signifikant mit der psychischen Verfasstheit der Chirurg\*innen (DaVinci:  $r_s = -,305$ ;  $p = ,002$ ;  $n = 103$ ). Bei den anderen Verfahren zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang (Laparotomie:  $r_s = -,144$ ;  $p = ,125$ ;  $n = 115$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,004$ ;  $p = ,970$ ;  $n = 115$ ).

### *Alter*

Wie auch bei der körperlichen Belastung korreliert die psychische Belastung bei der Laparotomie und der Laparoskopie, nicht jedoch bei dem Roboter-unterstützten Verfahren, negativ mit dem Alter des Operierenden (DaVinci:  $r_s = -,007$ ;  $p = ,947$ ;  $n = 103$ ; Laparotomie:  $r_s = -,280$ ;  $p = ,003$ ;  $n = 114$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,376$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 114$ ).

### *Berufserfahrung*

Die psychische Belastung korreliert auch hier bei Laparotomie und Laparoskopie, nicht jedoch beim Roboter-assistierten Verfahren, negativ mit der Berufserfahrung des Operierenden (DaVinci:  $r_s = ,033$ ;  $p = ,743$ ;  $n = 102$ ; Laparotomie:  $r_s = -,276$ ;  $p = ,003$ ;  $n = 112$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,349$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 112$ ).

### *Persönliche Zufriedenheit mit Arbeit insgesamt*

Die psychische Belastung bei den drei OP-Methoden weist eine negative Korrelation zur persönlichen Zufriedenheit mit der Arbeit auf. Diese Korrelation wird für die Laparotomie und Laparoskopie signifikant (DaVinci:  $r_s = -,125$ ;  $p = ,207$ ;  $n = 104$ ; Laparotomie:  $r_s = -,285$ ;  $p = ,002$ ;  $n = 116$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,231$ ;  $p = ,013$ ;  $n = 116$ ).

### *Persönliche Zufriedenheit mit Leistung als Operateur\*in*

Ebenfalls eine signifikant negative Korrelation zeigt die persönliche Zufriedenheit mit der operativen Leistung und der psychischen Belastung bei den operativen Verfahren Laparotomie und Laparoskopie (Laparotomie:  $r_s = -,212$ ;  $p = ,022$ ;  $n = 116$ ; Laparoskopie:  $r_s = -,187$ ;  $p = ,045$ ;  $n = 116$ ). Beim DaVinci-assistierten Verfahren ist der Effekt nicht nachweisbar (DaVinci:  $r_s = ,041$ ;  $p = ,681$ ;  $n = 104$ ).

### *Psychische Belastung des Berufs*

Die psychische Belastung des Berufs als Arzt bzw. Ärztin korreliert signifikant positiv bei allen Verfahren mit der psychischen Belastung des Berufs im Allgemeinen bei kleiner bis mittlerer Effektstärke (DaVinci:  $r_s = ,391$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 103$ ; Laparotomie:  $r_s = ,342$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 115$ ; Laparoskopie:  $r_s = ,351$ ;  $p < ,001$ ;  $n = 115$ ).

#### 3.2.2.2 Kruskal-Wallis-Test

Um zu überprüfen, ob die Erfahrung der Operierenden einen Einfluss auf die psychische und physische Belastung sowie die Wahrnehmung des intraoperativen Stresses hat,

wurden die teilnehmenden Chirurg\*innen nach erfahrungsrelevanten Unterschieden geclustert. Als Proxy für die berufliche Erfahrung wurden die Funktionsgruppen verwendet. Zur Optimierung der Fallzahlen wurden die ursprünglich sechs Funktionstypen in drei Gruppen neu formiert. Assistenz- und Fachärzt\*innen, Oberärzt\*innen und leitende Oberärzt\*innen sowie Chefärzt\*innen und Klinikdirektor\*innen wurden zusammengefasst.

Weiterhin wurden Belastungsunterschiede entsprechend der Händigkeit der Operierenden analysiert.

### 3.2.2.2.1 Körperliche, psychische Belastung sowie intraoperativer Stress nach Funktionsgruppe

#### *Körperliche Belastung*

Bei der körperlichen Belastung zeigt der Kruskal-Wallis-Test, dass sich bei der offenen Methode sowie bei der Laparoskopie signifikante Unterschiede zwischen den drei Funktionsgruppen feststellen lassen (Laparotomie: Kruskal-Wallis-H = 8,200;  $p = ,017$ ; Laparoskopie: Kruskal-Wallis-H = 7,121;  $p = ,028$ ) (siehe Tabelle 10, Seite 61).

Die Post-hoc-Testung mit Dunn-Bonferroni-Korrektur ergibt für die Laparotomie einen signifikanten Unterschied bei der körperlichen Belastung zwischen der Gruppe der Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen und der Assistenz-/Fachärzt\*innen ( $z = 2,749$ ;  $p = ,018$ ) (siehe Tabelle 11, Seite 62). Bei der Laparoskopie ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Oberärzt\*innen/leitenden Oberärzt\*innen und den Assistenz-/Fachärzt\*innen ( $z = 2,664$ ;  $p = ,023$ ) (siehe auch Box-Plot-Darstellungen zur körperlichen Belastung nach Funktion Abbildung 29, Abbildung 30, Abbildung 31).

#### *Psychische Belastung*

Der Kruskal-Wallis-Test zeigt einen signifikanten Unterschied bei der Laparotomie sowie der Laparoskopie zwischen den Funktionsgruppen hinsichtlich der psychischen Belastung (Laparotomie: Kruskal-Wallis-H = 12,913;  $p = ,002$ ; Laparoskopie: Kruskal-Wallis-H = 13,946;  $p = ,001$ ) (siehe Tabelle 10, Seite 61).

Bei der Post-Hoc-Testung unterscheiden sich bei der Laparotomie signifikant die Gruppen der Oberärzt\*innen/leitenden Oberärzt\*innen und der Assistenz/Fachärzt\*innen ( $z = 2,468$ ;  $p = ,041$ ) sowie die Gruppen der Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen und der Assistenz-/Fachärzt\*innen ( $z = 3,532$ ;  $p = ,001$ ) (siehe auch Box-Plot-Darstellungen zur

psychischen Belastung nach Funktion Seite 45 sowie Tabelle 11, Seite 62). Bei der Laparoskopie ergibt die Post-hoc-Testung ebenfalls zwischen den Kategorien Oberärzt\*innen/leitende Oberärzt\*innen und Assistenz-/Fachärzt\*innen ( $z = 2,916$ ;  $p = ,011$ ) sowie Chefärzt\*innen/ Klinikdirektor\*innen und Assistenz-/Fachärzt\*innen ( $z = 3,540$ ;  $p = ,001$ ) signifikante Unterschiede.

### *Intraoperativer Stress*

Der Kruskal-Wallis-Test zeigt, dass hinsichtlich der Verteilung des intraoperativen Stresses bei allen drei OP-Methoden über die Kategorien der Assistenz- und Fachärzt\*innen, Oberärzt\*innen und Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen Unterschiede bestehen (DaVinci: Kruskal-Wallis-H = 9,326;  $p = ,009$ ; Laparotomie: Kruskal-Wallis-H = 9,156;  $p = ,010$ ; Laparoskopie: Kruskal-Wallis-H = 14,221;  $p = ,001$ ) (siehe Tabelle 10, Seite 61).

Die Post-hoc-Tests mit Dunn-Bonferroni-Korrektur zeigen, dass sich beim DaVinci-Verfahren zwei der drei Gruppen signifikant unterscheiden: Chefärzt\*innen/ Klinikdirektor\*innen ( $z = 2,749$ ;  $p = ,018$ ) sowie (leitende) Oberärzt\*innen ( $z = 2,705$ ;  $p = ,020$ ) jeweils im Vergleich mit Assistenz-/Fachärzt\*innen. Diese signifikanten Gruppen-Unterschiede zeigen sich ebenfalls bei der Post-hoc-Testung für Laparoskopie sowie Laparotomie (Laparoskopie: Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen versus Assistenz-/Fachärzt\*innen:  $z = 3,353$ ;  $p = ,002$ ; Oberarzt/leitender Oberarzt versus Assistenz-/Fachärzt\*innen:  $z = 3,274$ ;  $p = ,003$ ; Laparotomie: Chefärzt\*innen/Klinikdirektor\*innen versus Assistenz-/Fachärzt\*innen:  $z = 2,525$ ;  $p = ,035$ ; (leitende) Oberärzt\*innen versus Assistenz-/Fachärzt\*innen:  $z = 2,774$ ;  $p = ,017$ ) (siehe auch Box-Plot-Darstellungen zu intraoperativen Stress nach Funktion, Abbildung 21, Abbildung 22, Abbildung 23 sowie Tabelle 11, Seite 62).

**Tabelle 10 – Kruskal-Wallis-Test nach Funktionsgruppe**

*Statistik für die Bestimmung möglicher Belastungsunterschiede in körperlicher sowie psychischer Belastung und Höhe des intraoperativen Stresses in Abhängigkeit von Funktion der Operierenden.*

| Statistik für Test (nach Funktionsgruppe) |                        |             |              |                       |             |              |                      |             |              |
|---|------------------------|-------------|--------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------------|-------------|--------------|
|   | Intraoperativer Stress |             |              | Körperliche Belastung |             |              | Psychische Belastung |             |              |
|   | DaVinci                | Laparotomie | Laparoskopie | DaVinci               | Laparotomie | Laparoskopie | DaVinci              | Laparotomie | Laparoskopie |
| Kruskal-Wallis H                          | 9,326                  | 9,156       | 14,221       | 1,238                 | 8,200       | 7,121        | 0,998                | 12,913      | 13,946       |
| df  | 2                      | 2           | 2            | 2                     | 2           | 2            | 2                    | 2           | 2            |
| p asymptotisch                            | 0,009                  | 0,010       | 0,001        | 0,538                 | 0,017       | 0,028        | 0,607                | 0,002       | 0,001        |

**Tabelle 11 – Post-Hoc-Testung für Funktion der Operierenden**

Paarweise Post-Hoc-Testung für Belastungsunterschiede in körperlicher und psychischer Belastung sowie Höhe des intraoperativen Stresses in Abhängigkeit der Funktion der Operierenden sowie Effektstärkenberechnung  $r$  nach Cohen (1988). Die Post-Hoc-Testung wurde nur für jene Items durchgeführt, welche im Kruskal-Wallis Test das Signifikanzniveau erreichten

| Post-Hoc-Test (Dunn-Bonferroni-Korrektur) mit Effektstärkenberechnung |                           |             |             |             |             |              |             |
|---|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| Quelle  |                           | DaVinci     |             | Laparotomie |             | Laparoskopie |             |
|   |                           | (3)* - (1)* | (2)* - (1)* | (3)* - (1)* | (2)* - (1)* | (3)* - (1)*  | (2)* - (1)* |
| Intraoperativer Stress  | Standardteststatistik $z$ | 2,749       | 2,705       | 2,525       | 2,774       | 3,353        | 3,274       |
|   | Effektstärke $r$          | 1,068       | 0,668       | 0,934       | 0,614       | 1,327        | 0,831       |
|   | $p$                       | 0,018       | 0,02        | 0,035       | 0,017       | 0,002        | 0,003       |
|   | $n$                       | 36          | 76          | 43          | 86          | 43           | 86          |
| Körperliche Belastung   | Standardteststatistik $z$ |             |             | 2,749       | 2,165       | 1,597        | 2,664       |
|   | Effektstärke $r$          |             |             | 0,821       | 0,541       | 0,726        | 0,491       |
|   | $p$                       |             |             | 0,018       | 0,091       | 0,331        | 0,023       |
|   | $n$                       |             |             | 46          | 94          | 47           | 93          |
| Psychische Belastung  | Standardteststatistik $z$ |             |             | 3,532       | 2,468       | 3,54         | 2,916       |
|   | Effektstärke $r$          |             |             | 1,166       | 0,743       | 1,240        | 0,782       |
|   | $p$                       |             |             | 0,001       | 0,041       | 0,001        | 0,011       |
|   | $n$                       |             |             | 46          | 93          | 46           | 93          |

\* mit (1) Assistenz-/Facharzt, (2) Oberarzt/leitender Oberarzt, (3) Chefarzt/Klinikdirektor

### 3.2.2.2 Körperliche, psychische Belastung sowie intraoperativer Stress nach Händigkeit

Hinsichtlich der Händigkeit der Operateur\*innen konnte kein Unterschied in der Ausprägung der physischen und psychischen Belastung oder der Höhe des intraoperativen Stresses gefunden werden (siehe Tabelle 12).

**Tabelle 12 – Kruskal-Wallis-Test der Händigkeit**

Statistik für die Bestimmung möglicher Belastungsunterschiede in körperlicher sowie psychischer Belastung und Höhe des intraoperativen Stresses in Abhängigkeit von der Händigkeit der Operierenden

| Statistik für Test (nach Händigkeit) |                        |             |              |                       |             |              |                      |             |              |
|--------------------------------------|------------------------|-------------|--------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------------|-------------|--------------|
|                                      | Intraoperativer Stress |             |              | Körperliche Belastung |             |              | Psychische Belastung |             |              |
|                                      | DaVinci                | Laparotomie | Laparoskopie | DaVinci               | Laparotomie | Laparoskopie | DaVinci              | Laparotomie | Laparoskopie |
| Kruskal-Wallis H                     | 1,218                  | 0,659       | 0,316        | 5,019                 | 4,963       | 0,220        | 3,081                | 0,493       | 0,863        |
| df                                   | 2                      | 2           | 2            | 2                     | 2           | 2            | 2                    | 2           | 2            |
| $p$ asymptotisch                     | 0,544                  | 0,719       | 0,854        | 0,081                 | 0,840       | 0,896        | 0,214                | 0,781       | 0,649        |

### 3.2.3 Regressionsanalyse

In der multiplen linearen Regressionsanalyse wurden zunächst für die drei Operationsmethoden zwei verschiedene Modelle berechnet, um einen gerichteten linearen Zusammenhang zwischen den in den Zusammenhangsanalysen identifizierten, signifikanten Variablen und der psychischen Belastung zu bestimmen. Überdies wurde das Geschlecht sowie der BMI zur Kontrolle von anthropometrischen bzw. geschlechtsspezifischen Unterschieden aufgenommen. Die körperliche Belastung fand als unabhängige Variable Berücksichtigung (siehe Abbildung 47). Dieses Vorgehen wurde gewählt, da die vorangegangenen Analysen lediglich hoch signifikante Zusammenhänge der körperlichen Belastung zur psychischen Belastung und dem intraoperativen Stress zeigten. Jedoch konnten keine signifikanten Zusammenhänge der anthropometrischen Merkmale der Operierenden oder anderer mutmaßlicher Einflussfaktoren wie Sport pro Woche oder Operationsstunden pro Tag auf die körperliche Belastung gezeigt werden, weshalb diese nicht als weiteres Modell berechnet wurden.



**Abbildung 47 – Übersicht über die Regressionsanalyse**

Abbildung der Regressionsanalyse für die psychische Belastung und den intraoperativen Stress als abhängige Variablen. Es wurden fünf Modelle (Modell 1 und 2 für die psychische Belastung, Modell 1, 2 und 3 für den intraoperativen Stress) berechnet. Die eingeschlossenen unabhängigen Variablen sind der Abbildung zu entnehmen. Bei den Modellen 2 sowie 3 wurde je eine weitere unabhängige Variable (körperliche Belastung bzw. psychische Belastung) eingeschlossen.

Wie nachfolgend berichtet wird, zeigen die Ergebnisse der Regressionsanalyse für die psychische Belastung bei allen drei OP-Verfahren einen überdurchschnittlich starken statistischen Zusammenhang mit dem intraoperativen Stress; wider Erwarten jedoch kaum mit anderen in der Analyse eingeschlossenen Hauptmerkmalen, wie der intraoperativen Ablenkung oder der technischen Komplexität, die in der Korrelationsanalyse einen starken bzw. signifikanten Zusammenhang bei allen operativen Verfahren zur psychischen Belastung aufzeigten. Daher wurde ein weiteres Modell mit dem intraoperativen Stress als abhängige Variable für alle drei Operationsmethoden aufgestellt, um die Zusammenhänge der Variablen neben der psychischen Belastung auch für den intraoperativen Stress zu eruieren. Es zeigten sich bei allen Verfahren signifikante und starke Zusammenhänge des intraoperativen Stresses zur körperlichen und psychischen Belastung der Operierenden. Die vollständigen Ergebnis-Tabellen können dem digitalen Anhang entnommen werden (siehe CD-ROM, Tabelle 3–8, Seite ix ff.).

Die im Folgenden berichteten Werte beziehen sich auf das jeweilige Modell mit der besten Güte bzw. dem höchsten korrigierten R-Quadrat.

#### 3.2.3.1.1 Psychische Belastung

Die Ergebnisse zu den unterschiedlichen OP-Verfahren werden im Folgenden dargestellt: Zunächst für das DaVinci-Verfahren, dann für die Laparotomie und nachfolgend für die Laparoskopie. Es werden erneut nur die Ergebnisse berichtet, die das Signifikanzniveau erreichen.

##### *DaVinci*

Im linearen Regressionsmodell mit den oben genannten Faktoren für das Roboter-gestützte Verfahren wurde eine Güte (korrigiertes R-Quadrat) von ,533 (Modell 1) bzw. ,529 (Modell 2) erreicht.

Für folgende Faktoren konnte im Modell ein signifikant positiver Effekt nachgewiesen werden: Intraoperative Ablenkung ( $B = ,259$ ;  $Beta = ,268$ ; 95%-KI =  $[,078 - ,440]$ ;  $p = ,006$ ), intraoperativer Stress ( $B = ,538$ ;  $Beta = ,513$ ; 95%-KI =  $[,315 - ,761]$ ;  $p < ,001$ ), psychische Belastung des Berufs als Arzt/Ärztin ( $B = ,314$ ;  $Beta = ,236$ ; 95%-KI =  $[,057 - ,571]$ ;  $p = ,017$ ) sowie Geschlecht ( $B = 1,171$ ;  $Beta = ,183$ ; 95%-KI =  $[,027 - 2,315]$ ;  $p = ,045$ ).

Der größte Effekt auf die psychische Belastung kann hierbei für den intraoperativen Stress nachgewiesen werden, gefolgt von der intraoperativen Ablenkung sowie der psychischen Belastung des Berufs als Arzt/Ärztin. Den kleinsten Effekt zeigt das Geschlecht. Alle identifizierten Faktoren zeigen einen verstärkenden Einfluss auf die psychische Belastung.

#### *Laparotomie*

Für das offene Verfahren wurde eine Güte (korrigiertes R-Quadrat) von ,515 (Modell 1) bzw. ,529 (Modell 2) erreicht.

Bei der offenen Operations-Methode konnte für vier Faktoren ein statistisch signifikanter Effekt nachgewiesen werden: Anzahl durchgeführter Eingriffe ( $B = -,313$ ;  $Beta = -,229$ ; 95%-KI =  $[-,625 - -,001]$ ;  $p = ,049$ ), Spaß/Freude ( $B = -,273$ ;  $Beta = -,259$ ; 95%-KI =  $[-,467 - -,080]$ ;  $p = ,006$ ), Intraoperativer Stress ( $B = ,375$ ;  $Beta = ,389$ ; 95%-KI =  $[,140 - ,609]$ ;  $p = ,002$ ) und BMI ( $B = ,171$ ;  $Beta = ,221$ ; 95%-KI =  $[,051 - ,290]$ ;  $p = ,006$ ).

Für die Höhe der psychischen Belastung zeigt sich ein mildernder Einfluss durch die Anzahl durchgeführter Eingriffe und Spaß/Freude. Verstärkend auf die Belastung wirken sich hingegen intraoperativer Stress sowie BMI aus. Auch bei der Laparotomie kann der größte Effekt auf die psychische Belastung dem intraoperativen Stress zugeordnet werden.

#### *Laparoskopie*

Für das minimalinvasive Verfahren der Laparoskopie wurde ein korrigiertes R-Quadrat von ,485 (Modell 1) bzw. ,477 (Modell 2) ermittelt.

Bei der multiplen linearen Regression zeigt sich lediglich der intraoperative Stress ( $B = ,524$ ;  $Beta = ,533$ ; 95%-KI =  $[,285 - ,762]$ ;  $p < ,001$ ) als statistisch signifikant. Auch hier geht der intraoperative Stress mit einer Verstärkung der psychischen Belastung einher und zeigt einen großen Effekt.

#### 3.2.3.1.2 Intraoperativer Stress

##### *DaVinci*

Im linearen Regressionsmodell wurde für das DaVinci-Verfahren eine Güte (korrigiertes R-Quadrat) von ,299 (Modell 1), ,491 (Modell 2) bzw. ,523 (Modell 3) erreicht.

Für vier der Faktoren kann ein signifikanter Effekt nachgewiesen werden: Technische Komplexität ( $B = ,229$ ;  $Beta = ,214$ ; 95%-KI =  $[,017 - ,441]$ ;  $p = ,035$ ), persönliche Zufriedenheit mit der Leistung als Operateur\*in ( $B = -,466$ ;  $Beta = -,303$ ; 95%-KI =  $[-,816 - -,116]$ ;  $p = ,010$ ), psychische Belastung ( $B = ,465$ ;  $Beta = ,488$ ; 95%-KI =  $[,242 - ,688]$ ;  $p < ,001$ ) und körperliche Belastung ( $B = ,273$ ;  $Beta = ,224$ ; 95%-KI =  $[,025 - ,521]$ ;  $p = ,032$ ).

Die technische Komplexität, psychische Belastung sowie körperliche Belastung zeigen einen verstärkenden Einfluss auf die Intensität des intraoperativen Stresses. Die psychische Belastung scheint den größten Effekt beizutragen. Die Zufriedenheit mit der eigenen Leistung als Operateur\*in hat beim DaVinci-Verfahren einen signifikant mildernden Einfluss auf die Wahrnehmung des intraoperativen Stresses.

### *Laparotomie*

Im linearen Regressionsmodell wurde für die Laparotomie eine Güte (korrigiertes R-Quadrat) von ,426 (Modell 1), ,549 (Modell 2) bzw. ,602 (Modell 3) erreicht.

Für drei der untersuchten Faktoren konnte im Modell ein signifikanter Effekt nachgewiesen werden: Technische Komplexität ( $B = ,253$ ;  $Beta = ,302$ ; 95%-KI =  $[,121 - ,385]$ ;  $p < ,001$ ), psychische Belastung ( $B = ,341$ ;  $Beta = ,329$ ; 95%-KI =  $[,127 - ,556]$ ;  $p = ,002$ ) und körperliche Belastung ( $B = ,347$ ;  $Beta = ,301$ ; 95%-KI =  $[,133 - ,562]$ ;  $p = ,002$ ). Alle drei Variablen zeigen einen verstärkenden Einfluss auf den intraoperativen Stress bei ähnlicher Effektgröße.

### *Laparoskopie*

Für die Laparoskopie wurde im Regressionsmodell eine Güte (korrigiertes R-Quadrat) von ,488 (Modell 1), ,596 (Modell 2) bzw. ,620 (Modell 3) erreicht.

Auch hier zeigen drei der im Modell eingeschlossenen Faktoren einen signifikanten Effekt: Technische Komplexität ( $B = ,325$ ;  $Beta = ,350$ ; 95%-KI =  $[,175 - ,474]$ ;  $p < ,001$ ), psychische Belastung ( $B = ,395$ ;  $Beta = ,388$ ; 95%-KI =  $[,205 - ,585]$ ;  $p < ,001$ ) und körperliche Belastung ( $B = ,206$ ;  $Beta = ,198$ ; 95%-KI =  $[,026 - ,386]$ ;  $p = ,026$ ).

Alle drei Faktoren haben einen verstärkenden Einfluss auf den intraoperativen Stress, wobei auch hier die psychische Belastung den größten Effekt zeigt.

### 3.2.4 Mediationsanalyse

Um mögliche Mediationseffekte zu identifizieren wird im Folgenden für die drei operativen Methoden der Einfluss unterschiedlicher Variablen über die Mediatorvariable *intraoperativer Stress* auf die psychische Belastung kontrolliert. Die eingeschlossenen Variablen, sind die in der Regressionsanalyse als relevant identifizierten Hauptmerkmale (technische Komplexität, intraoperative Ablenkung und körperliche Belastung) ergänzt um die Anzahl der durchgeführten Eingriffe. Alle durchgeführten Analysen folgen dem gleichen Schema, das in Abbildung 5, Seite 28 dargestellt ist. Die vollständigen Ergebnistabellen können dem digitalen Anhang entnommen werden (siehe CD-ROM, Tabelle 9–20, Seite xv ff.).

#### 3.2.4.1 Mediationsanalyse DaVinci

Zunächst führen wir die Mediationsanalyse für das DaVinci-Verfahren durch und untersuchen, ob die Variablen vermittelt durch den intraoperativen Stress die psychische Belastung des Operierenden bei der Roboter-assistierten Methode vorhersagen können.

##### *Körperliche Belastung*

Wir überprüfen, ob die unabhängige Variable (körperliche Belastung) die abhängige Variable (psychische Belastung des Operierenden) beim DaVinci Verfahren vorhersagt und können einen signifikant positiven Einfluss nachweisen (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,4626$ ,  $p < ,001$ ).

Nach Aufnahme des Mediators, können wir nachweisen, dass die körperliche Belastung den Mediator signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = ,3688$ ,  $p = ,010$ ). Der Mediator sagt ebenfalls die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5504$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable ist nach Aufnahme des Mediators weiterhin nachweisbar (direkter Effekt:  $B = ,2596$ ,  $p = ,0288$ ).

Wir können somit folgern, dass es sich in der Beziehung zwischen körperlicher Belastung und psychischer Belastung des Operateurs/der Operateurin um einen partiell mediierten Effekt handelt (indirekter Effekt:  $ab = ,2030$ , 95%-KI =  $[,0474 - ,3947]$ ).

### *Intraoperative Ablenkung*

Im nächsten Schritt wird überprüft, ob die intraoperative Ablenkung einen Einfluss auf die psychische Belastung des Operierenden beim DaVinci-Verfahren besitzt.

Auch hier überprüfen wir im ersten Schritt, ob die intraoperative Ablenkung beim Roboter-gestützten Verfahren die psychische Belastung des Operierenden vorhersagt: Es kann im vorliegenden Model ein signifikanter Effekt nachgewiesen werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,3981$ ,  $p < ,001$ ).

Wir stellen fest, dass nach Einführung des Mediators die Ablenkung im OP-Saal den Mediator signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = ,2166$ ,  $p = ,0436$ ). Der intraoperative Stress (Mediator) sagt ebenfalls die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5608$ ,  $p < ,001$ ). Und der direkte Effekt ist nach Aufnahme des Mediators ins Modell weiterhin signifikant nachweisbar (direkter Effekt:  $B = ,2767$ ,  $p = ,0046$ ).

Somit können wir einen partiell mediierten Effekt der intraoperativen Ablenkung auf die psychische Belastung ableiten (indirekter Effekt:  $ab = ,1214$ , 95%-KI =  $[,0091 - ,2769]$ ).

### *Technische Komplexität*

Wir können eruieren, dass die technische Komplexität beim DaVinci-Verfahren die psychische Belastung des Operierenden vorhersagt, da ein signifikanter Effekt nachgewiesen werden kann (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,2574$ ,  $p = ,0395$ ).

Die technische Komplexität sagt in unserem Model den Mediator signifikant vorher (Pfad a:  $B = ,4049$ ,  $p = ,0006$ ). Und ebenso sagt der gewählte Mediator die abhängige Variable signifikant voraus (Pfad b:  $B = ,6018$ ,  $p < ,001$ ). Der direkte Effekt der technischen Komplexität auf den psychischen Stress ist nach Aufnahme des Mediators ins Modell nicht mehr signifikant nachweisbar (direkter Effekt:  $B = ,0135$ ,  $p = ,8912$ ).

Wir können daher für die technische Komplexität des DaVinci-Verfahrens einen vollständig mediierten Effekt auf die psychische Belastung unterstellen (indirekter Effekt:  $ab = ,2437$ , 95%-KI =  $[,0955 - ,4014]$ ).

### *Anzahl durchgeführter Eingriffe*

Es kann im vorliegenden Model kein Effekt von der Anzahl der durchgeführten Eingriffe auf die psychische Belastung nachgewiesen werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = -,4744$ ,  $p = ,0853$ ).

Auch wenn die Signifikanz des totalen Effektes als Voraussetzung von Baron und Kenny (1986) zur Gültigkeit des Mediationsnachweises genannt wird, verweisen wir auf die jüngsten Meinung von Zhao et al. sowie MacKinnon, welche diese Voraussetzung der Signifikanz des totalen Effektes nicht als obligatorisch betrachten (Zhao et al. 2010, S. 198 ff. MacKinnon 2008). Da der reine Effekt der Mediation durch den indirekten Effekt beschrieben wird, betrachten wir dies im Folgenden als Hauptmerkmal für den Nachweis des Mediationseffektes.

Nach Aufnahme des Mediators in unser Modell, stellen wir fest, dass die Anzahl der durchgeführten Eingriffe den Mediator signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = -,7208$ ,  $p = ,0039$ ). Dieser sagt die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,6188$ ,  $p < ,001$ ).

Nach Aufnahme des Mediators in unser Model lässt sich feststellen, dass sich keine Änderung ergibt und kein direkter Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable nachweisbar ist (direkter Effekt:  $B = -,0284$ ,  $p = ,8917$ ).

Das Verhältnis zwischen Anzahl durchgeführter Eingriffe beim DaVinci Verfahren und der psychischen Belastung wird somit vollständig durch den wahrgenommenen intraoperativen Stress mediiert (indirekter Effekt:  $ab = -,4460$ , 95%-KI =  $[-,762 - -,147]$ ).

#### 3.2.4.2 Mediationsanalyse Laparotomie

Erneut wird bestimmt, ob die Variablen mediiert durch den intraoperativen Stress die psychische Belastung der Operateur\*in bei der Laparotomie vorhersagen.

##### *Körperliche Belastung*

Auch bei der Laparotomie lässt sich ein signifikant totaler Effekt ohne Mediatoreinführung der unabhängigen Variable der körperlichen Belastung auf die psychische Belastung nachweisen (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,5529$ ,  $p < ,001$ ).

Nach Aufnahme des Mediators, können wir auch hier nachweisen, dass die körperliche Belastung den Mediator signifikant vorhersagen kann (Pfad a:  $B = ,7737$ ,  $p < ,001$ ). Der Mediator sagt abermals die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5287$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable ist nach Berücksichtigung des Mediators im Model jedoch nicht mehr nachweisbar (direkter Effekt:  $B = ,1438$ ,  $p = ,1839$ ).

Wir können somit bei der Laparotomie schlussfolgern, dass es sich in der Beziehung zwischen körperlicher und psychischer Belastung der Chirurg\*innen um einen vollständig medierten Effekt handelt (indirekter Effekt:  $ab = ,4091$ , 95%-KI =  $[,2603 - ,5944]$ ).

#### *Intraoperative Ablenkung*

Für die intraoperative Ablenkung kann nach Berechnung des Modells ein positiver totaler Effekt auf die psychische Belastung der Operierenden vorhersagt werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,2630$ ,  $p = ,0208$ ).

Für die unabhängige Variable lässt sich ein positiver prädiktiver Effekt auf den Mediator nachweisen (Pfad a:  $B = ,3584$ ,  $p = ,0006$ ). Der intraoperative Stress (Mediator) sagt die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5856$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt der intraoperativen Ablenkung auf die psychische Belastung ist nach Aufnahme des Mediators in unserem Modell nicht mehr signifikant nachweisbar (direkter Effekt:  $B = ,0531$ ,  $p = ,5569$ ).

Wir können erneut einen vollständig vermittelten Effekt auf die psychische Belastung der Operateur\*innen unterstellen (indirekter Effekt:  $ab = ,2099$ , 95%-KI =  $[,0924 - ,3394]$ ).

#### *Technische Komplexität*

Auch bei der technischen Komplexität lässt sich für das offene Verfahren ein signifikant positiver totaler Effekt auf die psychische Belastung der Operateur\*innen feststellen (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,2353$ ,  $p = ,0037$ ).

Ebenso wie beim DaVinci-Verfahren sagt die technische Komplexität bei der Laparotomie den Mediator signifikant vorher (Pfad a:  $B = ,4258$ ,  $p < ,001$ ). Ebenso sagt der gewählte Mediator die abhängige Variable signifikant voraus (Pfad b:  $B = ,6216$ ,  $p < ,001$ ).

Nach Einführung des Mediators in das aufgestellte Model lässt sich kein direkter Effekt der technischen Komplexität auf die psychische Belastung mehr nachweisen (direkter Effekt:  $B = -,0294$ ,  $p = ,6300$ ).

Es lässt sich ein vollständig medierter Effekt auf die psychische Belastung bei der Laparotomie nachweisen (indirekter Effekt:  $ab = ,2647$ , 95%-KI =  $[,1462 - ,4008]$ ).

### *Anzahl durchgeführter Eingriffe*

Auch beim offenen OP-Verfahren überprüfen wir, ob die Anzahl der durchgeführten Eingriffe einen totalen Effekt auf die psychische Belastung vorhersagt: Dieser Effekt kann nachgewiesen werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = -,4669$ ,  $p = ,0009$ ).

Nach Aufnahme des Mediators stellen wir fest, dass auch beim offenen Verfahren die Anzahl der durchgeführten Eingriffe den Mediator signifikant voraussagen (Pfad a:  $B = -,5349$ ,  $p = ,0004$ ). Dieser sagt die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5598$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable ist in unserem Model nach Aufnahme des Mediators nicht mehr nachweisbar (direkter Effekt:  $B = -,1675$ ,  $p = ,1573$ ).

Wir können festhalten, dass das Verhältnis zwischen Anzahl durchgeführter Eingriffe bei der Laparotomie und der psychischen Belastung vollständig durch den wahrgenommenen intraoperativen Stress der Operateur\*in vermittelt wird (indirekter Effekt:  $ab = -,2994$ , 95%-KI =  $[-,5150 - -,1244]$ ).

#### 3.2.4.3 Mediationsanalyse Laparoskopie

Erneut wird bestimmt, ob die Variablen mediiert durch den intraoperativen Stress die psychische Belastung der Operateur\*in beim minimal-invasiven Verfahren der Laparoskopie vorhersagen.

### *Körperliche Belastung*

Die unabhängige Variable der körperlichen Belastung beim Verfahren der Laparoskopie zeigt auch hier einen positiven Vorhersagewert der abhängigen Variable (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,3601$ ,  $p = ,0002$ ).

Nach Etablierung des intraoperativen Stresses als Mediator können wir analysieren, dass die körperliche Belastung den Mediator signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = ,4706$ ,  $p < ,001$ ). Der Mediator wiederum sagt ebenfalls die psychische Belastung signifikant voraus (Pfad b:  $B = ,5822$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable wird nach Aufnahme des Mediators revidiert (direkter Effekt:  $B = ,0862$ ,  $p = ,4057$ ).

Es kann nachgewiesen werden, dass es sich in der Beziehung zwischen körperlicher und psychischer Belastung der Operateur\*in bei der Laparoskopie um einen erneut vollständig vermittelten Effekt handelt (indirekter Effekt:  $ab = ,2740$ , 95%-KI =  $[,1347 - ,4216]$ ).

### *Intraoperative Ablenkung*

Wir prüfen, ob die intraoperative Ablenkung beim laparoskopischen Verfahren die psychische Belastung des Operierenden vorhersagt. Es kann im vorliegenden Model ebenfalls ein signifikanter totaler Effekt nachgewiesen werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,1993$ ,  $p = ,0219$ ).

Nach Etablierung des Mediators können wir veranschaulichen, dass die Ablenkung im OP-Saal den intraoperativen Stress signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = ,2726$ ,  $p = ,0019$ ). Der intraoperative Stress als Mediator wiederum sagt ebenfalls die psychische Belastung vorher (Pfad b:  $B = ,6093$ ,  $p < ,001$ ).

Der direkte Effekt stellt sich nach Aufnahme des Mediators im Modell als nicht mehr signifikant dar (direkter Effekt:  $B = ,0332$ ,  $p = ,6624$ ).

Wir können daher einen vollständig medierten Effekt der intraoperativen Ablenkung auf die psychische Belastung bestimmen (indirekter Effekt:  $ab = ,1661$ , 95%-KI =  $[,0623 - ,2845]$ ).

### *Technische Komplexität*

Die technische Komplexität sagt auch bei der Laparoskopie die psychische Belastung der Operateur\*in vorher und es kann ein signifikanter Effekt nachgewiesen werden (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = ,2371$ ,  $p = ,0094$ ).

Auf den Mediator hat die technische Komplexität einen signifikanten Einfluss (Pfad a:  $B = ,4869$ ,  $p < ,001$ ). Und ebenso beeinflusst der gewählte Mediator die abhängige Variable signifikant (Pfad b:  $B = ,6474$ ,  $p < ,001$ ).

Auch hier lässt sich der direkte Effekt der technischen Komplexität auf den psychischen Stress der Chirurg\*in nach Aufnahme des Mediators ins Modell nicht mehr signifikant nachweisen (direkter Effekt:  $B = -,0781$ ,  $p = ,3193$ ).

Wir können für die technische Komplexität bei der Laparoskopie ebenfalls von einem vollständig medierten Effekt ausgehen (indirekter Effekt:  $ab = ,3152$ , 95%-KI =  $[,1858 - ,4572]$ ).

#### *Anzahl durchgeführter Eingriffe*

Wie bereits bei der Laparotomie lässt sich für die Laparoskopie ein signifikanter Effekt der Anzahl der durchgeführten Eingriffe auf die psychische Verfasstheit der Operateur\*in vorhersagen (totaler Effekt (ohne Mediator):  $B = -,4675$ ,  $p = ,0011$ ).

Nach Aufnahme des Mediators in das Modell, können wir festhalten, dass die Anzahl der durchgeführten Eingriffe den Mediator signifikant vorhersagt (Pfad a:  $B = -,5254$ ,  $p = ,0001$ ). Dieser wiederum sagt ebenfalls die psychische Belastung signifikant vorher (Pfad b:  $B = ,5799$ ,  $p < ,001$ ).

Nach Aufnahme des Mediators können wir postulieren, dass kein direkter Effekt der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable mehr nachweisbar ist (direkter Effekt:  $B = -,1628$ ,  $p = ,1668$ ).

Das Verhältnis zwischen Anzahl durchgeführter Eingriffe bei der Laparoskopie und der psychischen Belastung wird vollständig durch den wahrgenommenen intraoperativen Stress vermittelt (indirekter Effekt:  $ab = -,3047$ , 95%-KI =  $[-,4895 - -,1441]$ ).

## 4 Diskussion

Das operative Setting ist für Chirurgen und Chirurginnen ein enorm anspruchsvolles Umfeld, das mit einer hohen körperlichen sowie psychischen Belastung einhergeht. Neben einer unphysiologischen Körperhaltung, repetitiven Bewegungsmustern und insuffizienten Erholungszeiten sowie Stress und Anspannung summieren sich Faktoren wie intraoperative Lärmbelastung, Unterbrechungen, Zeitdruck und Schlafmangel zu einer Gesamtbelastung für die Operateur\*innen. Neben diesen generellen Faktoren wurde in den letzten Jahren gezeigt, dass unterschiedliche operative Verfahren überdies hinaus spezifische körperliche sowie psychische Anforderungen an die Operierenden stellen.

### 4.1 Operationsmethoden-inhärente Unterschiede in körperlicher und psychischer Belastung

Die Operationsmethoden-inhärenten Belastungen reichen von andauernder statischer Muskelbelastung über die Notwendigkeit der Invertierung und Skalierung von Bewegungen zu ineffizienter Kraftübertragung und hohen visuospatialen Ansprüchen. Diese können nicht nur für den Operierenden selbst körperlich und psychisch belastend sein, sondern ebenfalls das operative Ergebnis negativ beeinflussen und den Patienten beziehungsweise die Patientin gefährden. Im klinischen Alltag findet sich eine zunehmende Verbreitung minimalinvasiver Verfahren zusätzlich zu der vertrauten und lang etablierten offenen Operationsmethodik. Diese minimalinvasiven Verfahren zeigen vor allem für die Patient\*innen mannigfaltige Vorteile. Für die Operierenden gehen die chirurgischen Methoden mit unterschiedlich hoher körperlicher sowie psychischer Arbeitsbelastung einher. Insbesondere laparoskopische Eingriffe führen sowohl zu einer Erhöhung der körperlichen als auch der psychischen Beanspruchung. Die Roboter-assistierte Chirurgie zeigt im Unterschied zur Laparoskopie eine Verbesserung der ergonomischen Arbeitsbedingungen und damit eine Reduktion der körperlichen Belastungssituation der Chirurg\*innen bei in unserer Studie nachgewiesener zeitgleicher Erhöhung der psychischen Belastungssituation der Operateur\*innen.

Die vorliegende Studie wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob für die Operierenden unseres Kollektivs Unterschiede in körperlicher und psychischer Belastung zwischen den minimalinvasiven Methoden Laparoskopie und Roboter-gestützte Chirurgie und der

offenen Operationsmethodik, der Laparotomie, bestehen. Weitere (Haupt-) Variablen wie die technische Komplexität, die intraoperative Ablenkung, der erlebte Zeitdruck, der intraoperative Stress, der Spaß/Freude, die Wahrnehmung des intraoperativen Stresses sowie weitere Faktoren wurden ebenfalls auf Unterschiede in der Ausprägung zwischen den operativen Methoden geprüft. Weiterhin wurde analysiert, welche der Faktoren einen Zusammenhang mit der körperlichen bzw. psychischen Belastung aufzeigen und ob die Erfahrung der Operierenden einen Einfluss auf die erlebte Beanspruchung hat. Darüber hinaus wurden Symptome und Ursachen für die jeweilige Belastung identifiziert. Hierzu wurde ein online-gestützter Fragebogen zur Erfassung subjektiver Daten hinsichtlich körperlicher und psychischer Belastungssituationen von chirurgisch tätigen Ärzt\*innen verwendet. Insgesamt wurden mehr als 11 000 deutsche Chirurgeninnen und Chirurgen kontaktiert.

#### 4.2 Einordnung der Ergebnisse in den Stand der Forschung

Für die Interpretation der Befunde werden in diesem Unterkapitel die Ergebnisse der vorliegenden Studie in den Kontext des bisherigen Forschungsstands gesetzt. Beginnend mit der Beschreibung sowie Einordnung des Kollektivs der Teilnehmenden in den soziodemographischen Kontext, werden in den weiteren Abschnitten die Ergebnisse zur körperlichen sowie psychischen Belastung sowie die spezifischen Charakteristika der operativen Methoden gewürdigt.

##### 4.2.1 Soziodemographische Daten und Einordnung des Panels

Zur Fallzahloptimierung wurde die Kohorte der Studienteilnehmer\*innen, die in die Analyse einbezogen wurden, auf jene Operateur\*innen beschränkt, die drei der vier abgefragten Operationsmethoden durchführen: DaVinci, Laparoskopie sowie Laparotomie. Es konnten daher 124 von 910 Datensätze in die Analyse eingeschlossen werden. Zur Untersuchung der Repräsentativität wurden relevante Charakteristika der ausgewählten Studienteilnehmer\*innen mit der Grundgesamtheit der 907 Chirurg\*innen verglichen, welche den Fragebogen ausgefüllt und die Zustimmung zur Datenverarbeitung gegeben haben. Die vollständigen Daten sind Kapitel 3.1.1, Seite 31 ff. zu entnehmen.

Bei der Geschlechterverteilung lässt sich eine Verschiebung zugunsten der männlichen Operateure erkennen: Diese stellen knapp 77 % (gültige Prozent) der Befragten dar. Dies kann auf die allgemeine Geschlechterverteilung im Fachgebiet der Chirurgie zurückgeführt werden. Laut Ärztestatistik der Bundesärztekammer aus dem Jahre 2018 waren lediglich circa 8000 der 38 000 in Deutschland tätigen Chirurg\*innen weiblich, was einem Prozentsatz von circa 21 % entspricht und damit die Verteilung in der vorliegenden Studie widerspiegelt und eine repräsentative Grundgesamtheit vermuten lässt (Bundesärztekammer 2018b, S. 1; Bundesärztekammer 2018a, S. 1). Im Vergleich zur Grundgesamtheit (67 % gültige Prozent) lässt sich erkennen, dass bei den ausgewählten Studienteilnehmer\*innen mehr männliche Operateure vertreten sind (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 31). In dem ausgewählten Panel wurden lediglich Operateur\*innen, die roboter-assistiert sowie laparoskopisch und laparotomisch tätig sind, eingeschlossen. Der höhere Männeranteil im Vergleich zur Grundgesamtheit könnte durch eine höhere technologische Begeisterung von männlichen Operateuren für die Roboter-assistierte Chirurgie erklärt werden.

Die Majorität der von uns befragten Ärzt\*innen stellt mit 70,97 % Oberärzt\*innen, leitende Oberärzt\*innen und Chefärzt\*innen sowie Klinikdirektor\*innen dar. Assistenz- und Fachärzt\*innen sind im gewählten Kollektiv mit 21,77 % vertreten. Aufgrund der Auswahl der Ärzt\*innen nach durchgeführten operativen Verfahren ist unser Kollektiv in der Zusammensetzung mutmaßlich erfahrener als der deutsche Ärzte-Durchschnitt. Hier kann zur Einordnung lediglich die Zahl der Bundesärztestatistik 2018 herangezogen werden, die im stationären Bereich knapp 8 % der angestellten Ärzt\*innen in leitenden Positionen ausweist (Bundesärztekammer 2018c, S. 2). Im Vergleich mit der Grundgesamtheit lassen sich im ausgewählten Panel weniger Chefärzte und mehr leitende Oberärzt\*innen sowie mehr Klinikdirektor\*innen beobachten (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 32). Ob der geringen absoluten Fallzahlen der unterschiedlichen Funktionsgruppen innerhalb des Panels ist die Repräsentativität nicht abschließend beurteilbar.

Die Anzahl der durchgeführten Operationen mit den unterschiedlichen Verfahren zeigt sich bei der Laparoskopie sowie Laparotomie ähnlich verteilt: Die Mehrzahl der Operateur\*innen in unserem Kollektiv gibt an, mit beiden Verfahren durchschnittlich bereits mehr als 400 Eingriffe durchgeführt zu haben. Bei der DaVinci-Methode verhält es sich anders: knapp 78,23 % der Befragten haben weniger als 400 Operationen mit dem Roboter-assistierten Verfahren absolviert. Davon wiederum hat eine Mehrheit von

knapp 70 % bisher nicht mehr als einhundert Eingriffe mittels DaVinci-Verfahren durchgeführt. Dies kann unter anderem auf das Novum der Operationsmethodik der Roboter-Chirurgie zurückgeführt werden. Auch kann angenommen werden, dass das komplexe Training und die langen Ausbildungszeiten für die Operierenden, die (noch) beschränkten chirurgischen Einsatzmöglichkeiten sowie die hohen Anschaffungs- und Wartungskosten zu einer langsameren Adaptation und Anschaffung des chirurgischen Roboters durch die Kliniken führen. In einer Studie aus dem Jahr 2012 von Plerhoples et al. gaben die befragten amerikanischen Chirurg\*innen an, durchschnittlich seit drei Jahren mittels Roboter-chirurgischem Verfahren Operationen durchzuführen, wohingegen das laparoskopische Verfahren bereits seit zwölf Jahren Anwendung fand (Plerhoples et al. 2012, S. 68). In Deutschland wird das DaVinci-Verfahren mittlerweile an etwa 100 der knapp 2000 Kliniken eingesetzt, was einer Marktpenetration von circa 5 % entspricht. Eine der ersten Operationen mit dem Roboter-assistierten Verfahren wurde 1998 in Deutschland durchgeführt (Mees 2017). Diese kurze Zeitspanne sowie die geringe Penetration in der Anwendung der Roboter-Chirurgie könnte die starke Abweichung in der Anzahl durchgeführter Eingriffe erklären.

Mit etwa 75 % arbeiten die von uns befragten Ärzt\*innen mehrheitlich in Einrichtungen, die durch öffentliche Träger geführt werden. Im Vergleich mit den Zahlen für Gesamt-Deutschland aus dem Jahr 2017, die die Verteilung der öffentlichen Träger an allen Krankenhäusern mit nur knapp 29 % beziffern, sind damit Ärzt\*innen aus Einrichtungen mit öffentlicher Trägerschaft in unserer Studie stark überrepräsentiert (Statistisches Bundesamt 2017, S. 9). Auch lässt sich feststellen, dass in der gewählten Stichprobe mehr Operierende aus Krankenhäusern mit öffentlicher Trägerschaft im Vergleich zur Grundgesamtheit vertreten sind (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 32). Eine mögliche Erklärung könnte eine höhere Adaptationsrate der Roboter-Chirurgie in Häusern mit öffentlicher Trägerschaft darstellen. Basierend auf online verfügbaren Daten deutscher Kliniken, wurde eine eigene Auswertung erstellt, welche Krankenhäuser je nach Trägerschaft DaVinci-Systeme operativ einsetzen (Klinikradar.de 2022): 46 % Krankenhäuser in öffentlicher Trägerschaft, 44 % gemeinnützige Einrichtungen und 10 % privat geführte Kliniken. Es zeigt sich, dass sowohl das Panel als auch die Grundgesamtheit stark von den oben genannten Zahlen abweichen. Da kein Vergleich mit dem Datensatz aller über 11.000 angeschriebenen Chirurg\*innen möglich ist, lässt sich die Abweichung nicht abschließend interpretieren. Die Visceralchirurg\*innen, Thoraxchirurg\*innen sowie

Allgemeinchirurg\*innen bilden mehr als die Hälfte unseres Befragten-Kollektivs, gefolgt von Ärzt\*innen aus der Fachrichtung der Gynäkologie und Urologie.

Die Gewichtsverteilung unserer Studienteilnehmer\*innen entspricht bei einem mittleren Alter von 44 Jahren und einem durchschnittlichen Gewicht von 78 kg dem deutschen Durchschnitt in der Altersklasse der 40- bis 45-Jährigen. Die Körpergröße liegt mit 179 cm leicht über dem deutschen Durchschnitt von 174 cm (Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2017). Das Altersmittel im ausgewählten Panel liegt damit im Vergleich leicht unter der Grundgesamtheit mit 46 Jahren (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 31). In Übereinstimmung mit dem Alter liegt auch die Berufserfahrung im gewählten Panel mit knapp 18 Jahren unter der der Grundgesamtheit mit circa 20 Jahren (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 32).

Die Händigkeit verteilt sich zu circa 73 % auf rechtshändige, circa 11 % auf linkshändige und circa 10 % auf beidhändig begabte Chirurg\*innen. Die Ergebnisse der Links- und Beidhändigkeit fallen damit leicht höher aus als in einer vergleichbaren Studie von Plerhoples et al., die in ihrer Studie 6,30 % links und 6,80 % beidhändig begabte Operierende angeben (Plerhoples et al. 2012, S. 68). Im Vergleich mit der Grundgesamtheit zeigen sich in der ausgewählten Stichprobe höhere Prozente hinsichtlich der Links- sowie Beidhändigkeit (siehe Kapitel 3.1.1, Seite 33). Die Grundgesamtheit zeigt dahingegen eine ähnliche Verteilung wie diese auch bei Plerhoples et al. beschrieben wird. Eine mögliche Erklärung für den höheren Anteil ambidextrisch begabter Operateur\*innen, könnte die bis in die 1980er Jahre durchgeführte Umschulung vieler Linkshänder zur Rechtshändigkeit darstellen. Eine mögliche Erklärung für die höhere Rate an Linkshändern bzw. ambidextrischen Operateur\*innen im Panel könnte die Gleichwertigkeit der Instrumente des DaVinci Systems hinsichtlich der Händigkeit des Operateurs darstellen. Das bedeutet, dass anders als bei der Laparoskopie die Instrumente symmetrisch nutzbar sind und für Linkshänder einen Vorteil beim Operieren darstellen.

Circa 64 % der von uns befragten Chirurg\*innen geben eine Arbeitszeit von zehn oder mehr Stunden täglich an. Von diesen werden im Mittel drei bis sechs Stunden im OP verbracht. Die täglichen Arbeitsstunden liegen damit wesentlich über dem deutschen Durchschnitt von 8,2 Stunden (Statistisches Bundesamt o. J.).

Mehr als 87 % der von uns befragten Ärzte und Ärztinnen geben an, weniger als fünf Tage im Jahr 2017 krankheitsbedingt ausgefallen zu sein. Dies liegt eminent unter dem deutschen Durchschnitt von elf Tagen für das Jahr 2017 (Statistisches Bundesamt o. J.).

Insgesamt wurde von den teilnehmenden Chirurg\*innen die psychische Belastung des Jobs als Arzt bzw. Ärztin als hoch eingestuft ( $\bar{x} = 7,26$ ). Knapp 52 % der von uns befragten Chirurgen und Chirurginnen schätzen die Auswirkungen des Berufs auf ihr Privatleben als negativ bis sehr negativ ein.

#### 4.2.2 Körperliche Belastung der Operierenden und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren

Bereits gesunder Menschenverstand suggeriert, dass die Arbeit chirurgisch tätiger Ärzt\*innen durch die lange statische Haltebelastung bei operativer Tätigkeit physisch ermüdend ist. Ruitenburg et al. zeigten in Ihrer Studie, dass 41 % der chirurgisch tätigen Ärzt\*innen im Vergleich zu 13 % der nicht chirurgisch tätigen Ärzt\*innen ihre Arbeit als körperlich ermüdend empfinden (Ruitenburg et al. 2013, S. 271).

61,29 % der von uns befragten Ärzt\*innen geben an, bedingt durch die operative Tätigkeit unter körperlichen Symptomen zu leiden oder bereits gelitten zu haben. Die Laparoskopie stellt dabei das Verfahren mit dem häufigsten Auftreten körperlicher Symptome dar, gefolgt von der Laparotomie. Die erhobene Prävalenz fällt im Vergleich zu Erhebungen von Plerhoples et al. sowie Park et al., die in ihren Studien eine Häufigkeit von 77 % bzw. 87 % bei laparoskopisch tätigen Operateur\*innen angeben, geringer aus (Plerhoples et al. 2012, S. 70; Park et al. 2010, S. 306 ff.).

Wir konnten in unserer Studie einen generellen, signifikanten Unterschied in der körperlichen Belastung zwischen der DaVinci-Methode und der Laparotomie sowie der DaVinci-Methode und der Laparoskopie feststellen. Kein signifikanter Unterschied in der körperlichen Belastungshöhe ließ sich zwischen Laparotomie und Laparoskopie demonstrieren. Laparotomie und Laparoskopie zeigten sich als ähnlich strapazierend für die Operierenden. Der Unterschied auf der 11-stufigen NAS-Skala (0 = sehr gering, 10 = sehr hoch) hinsichtlich der körperlichen Belastung zwischen DaVinci ( $\bar{x} = 2,90$ ) und Laparoskopie ( $\bar{x} = 5,69$ ) bzw. Laparotomie ( $\bar{x} = 5,49$ ) betrug knapp 3 Punkte und zeigt deutlich, welche physische Belastungsreduktion die roboter-assistierte OP-Methode im

Vergleich mit der konventionellen minimal-invasiven bzw. offen chirurgischen Methode erreicht (siehe auch Tabelle 2, Seite 50).

Große Kontraste hinsichtlich der körperlichen Belastung konnten zwischen den Gruppen der Assistenz- und Fachärzt\*innen, Oberärzt\*innen und leitenden Oberärzt\*innen sowie Chefärzt\*innen und Klinikdirektor\*innen festgestellt werden. Bei allen Verfahren erreichten die Assistenz- und Fachärzt\*innen die höchsten physischen Belastungswerte. Sari et al. führen dies darauf zurück, dass Ärzt\*innen mit weniger operativer Erfahrung auch weniger praktische Übung sowie Geschicklichkeit besitzen und daher eine höhere Muskelspannung aufweisen. In Folge resultiert dies in einer höheren körperlichen Beschwerdesymptomatik (Sari et al. 2010, S. 108 f. ). Auch Uhrich et al. zeigen in ihrer Studie, dass erfahrenere Chirurg\*innen elektromyographisch weniger Muskelaktivität aufweisen und subjektiv weniger muskuläres Unbehagen anführten (Uhrich et al. 2002, S. 637). In der Studie von Sari et al. gaben 68 % der erfahreneren versus 86 % der weniger erfahrenen Chirurg\*innen an, nach laparoskopisch durchgeführten Interventionen unter körperlichen Beschwerden zu leiden. Auch Hemal et al. stellen für die Laparoskopie fest, dass körperliche Beschwerden mit laparoskopischer Erfahrung abnehmen (Sari et al. 2010; Hemal et al. 2001).

Da sich unser Befragten-Kollektiv weitestgehend aus erfahrenen Chirurg\*innen mit einer mittleren Berufserfahrung von knapp 18 Jahren und einem durchschnittlichen Alter von circa 44 Jahren zusammensetzt, können wir annehmen, dass die niedrigere Prävalenz von Operierenden mit körperlicher Symptomatik auf die hohe durchschnittliche Berufs- und Operations-Erfahrung der Studienteilnehmer\*innen zurückzuführen ist.

Van Veelen et al. zeigen in ihrem Paper fünf korrespondierende Bereiche auf, die die (un)ergonomische Haltung und damit die körperliche Belastung der Operateur\*innen beeinflussen: Sie nennen neben dem Instrumenten-Design, die Positionierung der Monitore und der Fußpedale sowie die Höhe des Operations-Tisches und die statische Haltung (van Veelen et al. 2004). Die in unserer Studie evaluierten Gründe für die körperliche Belastung, die auf die (un)ergonomische Gestaltung des OP-Saals sowie auf die Natur der Operation selbst zurückzuführen sind, entsprechen den von van Veelen identifizierten Bereichen: Die Studienteilnehmer\*innen nennen in knapp 93 % die Zwangshaltung, in 37 % die Instrumentenbeschaffenheit, in 32,5 % die Tischhöhe bzw. Bildschirmposition sowie in circa 14 % die Beleuchtungssituation im Operationssaal als Gründe für die körperliche Symptomatik. Auch Sali et al. kommen bei der Attribution der

#### 4. Diskussion

##### 4.2 Einordnung der Ergebnisse in den Stand der Forschung

körperlichen Belastung auf ähnliche Ergebnisse wie unsere Studie und identifizieren selbige genannte Ursachen (Sari et al. 2010, S. 107).

Fast 90 % der Studienteilnehmer\*innen, die körperliche Symptome angeben, leiden unter Rückenschmerzen und/oder Nacken- und Schulterschmerzen. Weitere häufige Symptome stellen Hand- und Handgelenksschmerzen (39,50 %) sowie Kopfschmerzen und Migräne (35,50 %) und Armschmerzen (32,90 %) sowie Parästhesien (31,60 %) dar.

Wie erwartet, konnte ein starker, statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen körperlicher und psychischer Belastung nachgewiesen werden. Hinsichtlich der Beeinflussung beziehungsweise Wechselwirkung dieser Faktoren aufeinander kann nach Durchführung der Mediationsanalyse angenommen werden, dass die körperliche Belastung in unserer Studie in Abhängigkeit des operativen Verfahrens partiell bzw. vollständig über den intraoperativen Stress mediiert wurde.

Wir konnten in unserer Arbeit keinen Hinweis darauf finden, dass eine hohe körperliche Belastung mit intraoperativen Komplikationen assoziiert ist. Dies ist kongruent mit der Studie von Sari et al., die in ihrer Arbeit ebenfalls angeben, dass niemand der von ihnen befragten Chirurg\*innen Komplikationen durch die körperliche, operative Belastung berichtete (Sari et al. 2010, S. 108).

Hinsichtlich der Beantwortung unserer primären Fragestellung können wir feststellen, dass statistische Unterschiede in der körperlichen Belastung zwischen den unterschiedlichen Operationsmethoden zu beobachten sind: Die Gruppen DaVinci und Laparotomie sowie DaVinci und Laparoskopie unterscheiden sich in Bezug auf die körperliche Belastung signifikant. Dahingegen kann bei Laparotomie und Laparoskopie kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Die DaVinci-Methode ist mit einem erreichten Mittelwert von  $\bar{x} = 2,90$  im Gegensatz zur Laparotomie mit  $\bar{x} = 5,49$  und Laparoskopie mit  $\bar{x} = 5,69$  die körperlich am wenigsten zehrende Methode für die Befragten. Würdigt man den Status Quo der wissenschaftlichen Literatur im Hinblick auf die körperliche Belastung der unterschiedlichen OP-Verfahren, so werden folgende Unterschiede zwischen den Methoden beschrieben: Lee et al. zeigten in Ihrer Studie signifikant geringere Werte in der körperlichen Belastung von Chirurg\*innen bei Roboter-assistierten Methoden im Vergleich zur Laparoskopie (Lee et al. 2005). Berguer et al. evaluierten die Unterschiede in der Muskelbelastung zwischen laparoskopischer und offener Operationstechnik und kamen ebenfalls zu dem Schluss, dass das minimalinvasive Verfahren substantiell mehr Muskelkraft und körperliche Anstrengung

erfordert (Berguer et al. 2003). In einer Studie von Yu et al. zeigte sich bei 82 % der untersuchten Assistenzärzt\*innen bei laparoskopischen Eingriffen eine Haltung, die ein ergonomisches Risiko für muskuloskeletale Verletzungen darstellt (Yu et al. 2015, S. 511). Darüber hinaus zeigten Plerhoples et al., dass das Roboter-assistierte Verfahren im Vergleich zur offenen und laparoskopischen Methode weniger körperliche Beschwerden hervorruft: Lediglich 8 % der befragten Operierenden sahen in der Roboter-assistierten Chirurgie den Grund für ihre körperlichen Beschwerden. Mit 55 % attribuiert die Majorität ihre körperlichen Symptome der laparoskopischen Chirurgie und 36 % der Laparotomie (Plerhoples et al. 2012, S. 67). Unsere Studie bestätigt sowohl die Ergebnisse von Lee und Berguer als auch von Plerhoples et al. Es kann festgestellt werden, dass die DaVinci-Methode mit der geringsten körperlichen Belastung für die Operateur\*innen einhergeht. Auch die Häufigkeit der körperlichen Symptome nach bzw. während der unterschiedlichen OP-Methoden spiegelt diesen Fund wider, da auch hier die Roboter-assistierte Methode mit der geringsten Häufigkeit körperlicher Symptome einhergeht. Die Laparoskopie führt die Rangfolge als Verfahren mit den häufigsten körperlichen Beschwerden sowie der höchsten körperlichen Belastung an.

Plerhoples et al. zeigten, dass hochgewachsene, männliche Chirurgen mit hohem BMI weniger häufig unter Laparoskopie-assoziierten körperlichen Symptomen litten (Plerhoples et al. 2012). Bemerkenswert ist, dass in unserer Studie keine signifikante Korrelation zwischen der Höhe der körperlichen Belastung, Gewicht, Körpergröße, Händigkeit, Sporeinheiten pro Woche und/oder täglichen Operationsstunden nachgewiesen werden konnte.

Als mildernde Faktoren der körperlichen Belastung konnten jedoch unter anderem die Anzahl der durchgeführten Eingriffe, das Alter und die Funktion der Chirurg\*innen herausgearbeitet werden. Die Aussage von Plerhoples et al., dass ältere Chirurg\*innen keinem erhöhten körperlichen Risiko ausgesetzt sind, kann in der vorliegenden Studie sogar soweit ergänzt werden, dass ein höheres Alter sowie eine höhere Funktionshierarchie in den Zusammenhangsanalysen eine signifikant niedrigere körperliche Beanspruchung bei der Laparotomie als auch der Laparoskopie zeigen (Plerhoples et al. 2012).

Neben einer stark positiven und signifikanten Korrelation zwischen körperlicher und psychischer Belastung bei allen operativen Verfahren konnte darüber hinaus bei den Variablen intraoperative Ablenkung, Zeitdruck sowie intraoperativer Stress ein

aggravierender Einfluss auf die körperliche Belastungssituation der Operierenden bei allen operativen Methoden gezeigt werden. Die technische Komplexität zeigte sich nur bei der Laparotomie und Laparoskopie als verstärkender Einflussfaktor auf die körperliche Belastung. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte darin liegen, dass bei der Laparoskopie sowie Laparotomie technisch komplexe Operationen mit längerer OP-Dauer und höherer muskulärer Belastung der Operierenden einhergehen, was in einer höheren körperlichen Belastung resultieren kann. Bei der DaVinci-assistierten Operation ist dahingegen aufgrund der vorteilhaften ergonomischen Position des Operators beziehungsweise der Operateurin trotz längerer OP-Dauer nur mit einer geringgradigen Erhöhung der körperlichen Belastung zu rechnen. Somit wäre die technische Komplexität bei der Roboter-assistierten Methode in der statistischen Analyse nicht als Einflussfaktor nachweisbar.

Neben dem Alter, der Berufserfahrung sowie der Funktion des Operierenden konnte auch die Anzahl der durchgeführten Eingriffe als Faktor, welcher einen mildernden Einfluss auf die körperliche Belastung zeigt, identifiziert werden. Alle diese Einflussfaktoren zeigten bei der Laparotomie und Laparoskopie einen signifikant mildernden Einfluss auf die körperliche Belastung.

#### 4.2.3 Psychische Belastung der Operierenden und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren

Knapp 14 % der in unserer Studie befragten Chirurg\*innen geben an, bedingt durch die operative Belastung unter psychischen Symptomen zu leiden. Knapp 12 % dieser Operierenden offenbaren wiederum bereits intraoperative Komplikationen durch die psychische Belastung der operativen Tätigkeit erfahren zu haben. Dies entspricht einem Prozentsatz von 1,6 % der in die Studie einbezogenen ärztlichen Teilnehmenden. Vergleicht man diese Zahlen mit einer Umfrage unter chirurgisch tätigen Ärzt\*innen von Klein et al., so wurde in dieser Arbeit angegeben, dass 15 % der Befragten therapeutische Fehler begehen bzw. bereits begangen haben (Klein et al. 2010, S. 526). Die Diskrepanz in den Ergebnissen und die in dieser Studie vorliegende geringere Prävalenz kann einerseits damit erklärt werden, dass sich die intraoperativen Komplikationen in unserer Arbeit auf die operative Tätigkeit als Auslöser bezog, andererseits damit, dass das Befragten-Kollektiv überdurchschnittlich erfahren ist.

Hinsichtlich der auslösenden Faktoren der intraoperativen psychischen Belastung werden von den Studienteilnehmer\*innen primär die Unerfahrenheit der Tisch-Assistenz (65,20 %), sachfremde Unterbrechungen (57,40 %), Zeitdruck (56,50 %) sowie die allgemeine Arbeitsbelastung (47,00 %) angeführt. Aber auch Schlafmangel (28,70 %) und Arbeitszeiten (26,10 %) werden als Auslöser genannt. Als resultierende Symptome werden vorrangig Anspannung und Nervosität (76,50 %), Erschöpfung und Müdigkeit (70,60 %) und Reizbarkeit (70,60 %) angegeben. Die Depression als klinische Vollmanifestation einer dekompenzierten Belastungssituation wird in unserer Studie von knapp 24 % der Chirurg\*innen mit psychischen Symptomen offenbart, was einem Prozentsatz von 3,2 % aller in dieser Studie befragten Chirurg\*innen entspricht. Auch hier liegt unser Kollektiv weit unter den in der Literatur berichteten Werten. Shanafelt et al. berichten in ihrer Studie von einer 30%igen Prävalenz depressionstypischer Symptome unter chirurgischen Ärzt\*innen (Shanafelt et al. 2009, S. 463). Ford et al. berichten in ihrer Studie eine Lebenszeit-Prävalenz der Depression von 12 % unter männlichen Medizern (Ford et al. 1998, S. 1423). Und eine Studie von Frank et al. gibt eine Depressions-Prävalenz von 19,5 % unter weiblichen Medizinerinnen an (Frank et al. 1999, S. 1889). Hier lässt sich der Unterschied in den Prävalenz-Zahlen zu unserer Studienkohorte zunächst damit erklären, dass die Depressions-Entstehung in der Regel multikausal ist. In der vorliegenden Studie wurde der Auslöser jedoch auf die operative Tätigkeit begrenzt. Vergleicht man dies nochmals mit den von den Operierenden angegebenen Auslösern der psychischen Belastung, so wird ersichtlich, dass neben operativen vor allem Job-inhärente Faktoren von den Befragten angegeben worden sind.

Auch für die psychische Belastung konnte in den Zusammenhangsanalysen für die Variablen intraoperative Ablenkung und Zeitdruck, technische Komplexität sowie intraoperativer Stress und psychische Belastung des Berufs im Allgemeinen ein signifikant aggravierender Einfluss auf die psychische Belastungssituation der Operateur\*innen gezeigt werden. Faktoren, die einen mildernden Einfluss zeigen, stellten unter anderem die Anzahl durchgeführter Eingriffe, die Zufriedenheit mit dem OP-Verfahren und die persönliche Zufriedenheit mit der Arbeit insgesamt dar. Das Alter der Operierenden, die Berufserfahrung sowie Funktionshierarchie und die persönliche Zufriedenheit mit der operativen Leistung zeigten vor allem bei der Laparotomie und Laparoskopie einen mildernden Einfluss auf die psychische Belastung der Chirurg\*innen. In Regressions- und Mediationsanalysen zeigten sich lediglich noch die intraoperative

Ablenkung, die technische Komplexität und der intraoperative Stress sowie die körperliche Belastung als direkte bzw. medierte signifikante Einflussfaktoren auf die psychische Belastung.

In der ausgewählten Befragten-Kohorte konnten hinsichtlich der psychischen Belastung zwischen allen operativen Verfahren signifikante Unterschiede festgestellt werden. Die minimalinvasiven Methoden, angeführt von der DaVinci-Methode ( $\bar{x} = 4,53$ ), erwiesen sich für die Operateur\*innen als besonders belastend. Die Laparotomie ( $\bar{x} = 3,59$ ) zeigte sich indes als die am psychisch geringsten belastende Operationsmethode. Die Laparoskopie ( $\bar{x} = 3,98$ ) ist somit im Vergleich zur offenen operativen Methode psychisch belastender für die Operierenden (siehe auch Tabelle 4, Seite 51). Die Abweichungen in den berichteten Mittelwerten sind zwar statistisch signifikant, es soll jedoch betont werden, dass sie so geringe Unterschiede zwischen den OP-Verfahren zeigen, dass daraus nicht auf eine tatsächlich unterschiedliche psychische Belastung je nach OP-Methode des Operierenden geschlossen werden kann. Auch für den intraoperativen Stress konnte zwischen der Gruppe DaVinci und Laparotomie ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Auch hier zeigen sich die minimalinvasiven Methoden führend hinsichtlich der Belastung der Operateur\*innen, bei erneut sehr geringen Unterschieden in den Mittelwerten (DaVinci:  $\bar{x} = 5,28$ , Laparotomie:  $\bar{x} = 4,21$ , Laparoskopie:  $\bar{x} = 4,68$ ; siehe auch Tabelle 6, Seite 52)

Vergleicht man unsere Ergebnisse mit der Wissenschafts-Literatur, so herrscht Einigkeit darüber, dass das minimal-invasive Verfahren der Laparoskopie mental belastender ist als die offene Operationsmethode. Berguer et al. zeigten in ihrer Studie, dass die Laparoskopie sowohl unter objektiven als auch subjektiven Gesichtspunkten mehr mentale Kapazitäten der Operateur\*innen bindet und eine höhere Konzentration von diesen abverlangt. Sie argumentieren, dass dies im Vergleich zur offenen Methode zu einer Erhöhung der mentalen beziehungsweise psychischen Belastung führt (Berguer et al. 2001). Böhm et al. unterstützen diese Aussage in ihrer Studie (Böhm et al. 2001).

Hinsichtlich der psychischen Belastung bei Roboter-assistierten Operationen kommt die Literatur jedoch zu widersprüchlichen Aussagen: Berguer und Smith stellen in Ihrer Studie von 2006 eine mögliche, jedoch nicht signifikante Stressreduktion durch die Anwendung der Roboter-assistierten Methode im Vergleich zur Laparoskopie fest (Berguer et al. 2006, S. 89 f.). Auch Lee et al. konnten in Ihrer Studie aus dem Jahre 2005 keine signifikanten Unterschiede in der mentalen Belastung zwischen

laparoskopischen und Roboter-assistierten Verfahren nachweisen (Lee et al. 2005, S. 1068). Eine Studie von Smith et al. aus dem Jahr 2003, in die jedoch lediglich Chirurg\*innen mit wenig operativer Erfahrung eingeschlossen wurden, zeigte wiederum einen signifikanten Unterschied in der mentalen Belastung zugunsten der Roboter-assistierten Methode (Smith, Berguer & Rosser Jr. 2003). Die vorliegende Studie zeigt, dass die minimalinvasive Methode der Roboter-assistierten Operation sich als leicht stärker psychisch belastend für die Operateur\*innen erweist, während sich die Laparoskopie als weniger belastend und die Laparotomie als die psychisch am geringsten belastende Operationsmethode offenbart. Dieser Fund wird ebenfalls durch die Höhe des erlebten intraoperativen Stresses des Operierenden untermauert: Diese zeigte sich beim DaVinci-Verfahren als am höchsten, wobei hier das Signifikanzniveau beim Vergleich mit der Wahrnehmung des intraoperativen Stresses bei laparoskopisch assistierten Operationen nicht erreicht wird ( $p = 0,051$ ). Bei den erneut sehr geringen Unterschieden der berichteten Mittelwerte, muss eine Interpretation jedoch behutsam vorgenommen werden, da die Abweichungen zwischen den Operationsmodi marginal sind und die tatsächlichen Auswirkungen auf die psychische Belastungshöhe der Operateur\*innen nicht abschließend beurteilt werden kann.

Auch die im Vergleich zu den konventionellen Methoden geringe Anzahl bisher durchgeführter Eingriffe und damit einhergehende geringere Erfahrung und Vertrautheit der Operierenden mit dem DaVinci-System (siehe dazu auch Abbildung 9, Seite 34) kann ein Grund für die leicht erhöhte Belastung darstellen. Da das Roboter-assistierte Verfahren, per se ob seiner Neuheit mit einer erhöhten psychomentalen Belastung einhergeht, müssen die oben genannten Ergebnisse im Zeitverlauf erneut eruiert werden, um festzustellen, ob durch eine zunehmende Erfahrung der Operateur\*innen mit dem Roboter-assistierten Verfahren sich die leicht erhöhte Belastungssituation abbauen wird. Wie bereits für die körperliche Belastung konnten Berguer et al. für die psychische Belastung zeigen, dass für erfahrene Chirurg\*innen die wahrgenommenen Stresslevel bei der offenen Methode signifikant geringer ausfielen als für unerfahrene Chirurg\*innen. Bei der minimalinvasiven Methode der Laparoskopie zeigte sich hingegen in ihrer Studie kein Unterschied (Berguer et al. 2001, S. 1205). In unserer Studie konnten wir eine Reduktion der psychischen Belastung in Abhängigkeit von der Funktion der Operierenden für alle chirurgischen Methoden demonstrieren: Bei allen Verfahren erreichten die Assistenz- und Fachärzt\*innen die höchsten Belastungswerte. Bei den

Operationsverfahren Laparoskopie und Laparotomie zeigten sich darüber hinaus statistisch signifikante Unterschiede in der psychischen Belastung zwischen den Funktionsgruppen. Für den intraoperativen Stress ließen sich für alle drei Verfahren signifikante Unterschiede in der Belastung zwischen den Funktionsgruppen feststellen. Mehrere Studien zeigen, dass erfahrenere Chirurg\*innen, mutmaßlich durch in der Praxis erlernte Coping-Mechanismen, weniger Stress empfinden (Wetzel et al. 2006; Yamamoto et al. 1999; Böhm et al. 2001).

#### 4.2.4 Weitere Belastungsdimensionen und Unterschiede zwischen den Operationsverfahren

Hinsichtlich der weiteren erhobenen Einfluss-Faktoren konnten ebenfalls zum Teil signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren nachgewiesen werden. Beispielsweise konnten in Bezug auf die technische Komplexität signifikante Unterschiede in den Zusammenhangsanalysen zwischen allen operativen Verfahren demonstriert werden: Für die DaVinci-Methode ließ sich hierbei die höchste Komplexität dokumentieren, gefolgt von der Laparoskopie. Die geringste technische Komplexität wird von den Operierenden bei der Laparotomie empfunden.

Auch bezugnehmend auf die intraoperative Ablenkung und den intraoperativen Zeitdruck erreichen die minimalinvasiven Verfahren in der vorliegenden Studie die schlechtesten Ergebnisse beziehungsweise die höchsten Werte: Die DaVinci-Methode wird von den Operierenden im Vergleich zu den anderen chirurgischen Methoden somit mit der höchsten technischen Komplexität, dem höchsten Grad des wahrgenommenen intraoperativen Stresses sowie der geringsten Freude bewertet. Moore et al. kommen in ihrer Studie zu divergierenden Ergebnissen: Sie stellen im Vergleich zur Laparoskopie signifikante Unterschiede zu Gunsten der Roboter-assistierten Methode fest: Neben einer geringeren körperlichen Belastung, die auch wir in der vorliegenden Studie demonstrieren konnten, zeigten sich bei Moore et al. geringere intraoperative Stresslevel sowie eine geringere Bewertung der technischen Komplexität durch die Operateur\*innen bei der Roboter-assistierten Methode (Moore et al. 2015).

Hinsichtlich der Zufriedenheit mit den operativen Verfahren kann festgehalten werden, dass die offene OP-Methode die besten Bewertungen der Operateur\*innen erhält, wohingegen das Roboter-assistierte Verfahren die schlechtesten Bewertungen erzielt.

Dahingegen verhält es sich mit der Präferenz der Operierenden genau umgekehrt: Die offene operative Methode landet trotz ihrer geringen Ausprägung in psychischer Belastung, intraoperativem Stress und Ablenkung sowie geringster technischer Komplexität in punkto Präferenz lediglich auf Platz drei, noch hinter der Roboter-assistierten Methode. Interessanterweise präferieren circa 56 % der Studienteilnehmer\*innen die Laparoskopie trotz der höheren körperlichen sowie psychischen Belastung im klinischen Alltag. Die Präferenz für das laparoskopische Verfahren könnte mit der hohen Akzeptanz und Verbreitung der Methode, der im Vergleich zum offenen Verfahren besseren kosmetischen Resultate, kürzerer Hospitalisierung sowie schnellerer Rekonvaleszenz der Patienten und Patientinnen erklärt werden. Im Vergleich zur DaVinci-assistierten OP-Methode können die niedrigeren wirtschaftlichen Kosten sowie die langjährigere operative Erfahrung mit dem laparoskopischen Verfahren als Erklärung angeführt werden.

Für knapp 51 % der Befragten ist beim Krankenhauswechsel die Fortsetzung der Roboter-Chirurgie mäßig bis nicht relevant und circa 24 % halten die Roboter-Chirurgie für ein temporäres Phänomen oder gar irrelevant für die Zukunft. Auch ist unsere Kohorte mit fast 81 % der Befragten sicher, dass neue Technologien in Zukunft nicht zu einer Substitution der Operierenden führen werden. Darüber hinaus zeigt sich, dass knapp 34 % der Befragten angeben, dass die Wahl des Operationsverfahrens durch ökonomische Erwägungen beeinflusst wird.

#### 4.3 Limitationen und methodische Einschränkungen

Es soll darauf hingewiesen werden, dass in dieser auf statistischen Analysen beruhenden Arbeit lediglich stochastische Zusammenhänge aufgezeigt werden konnten. Daher konnte nur die wahrscheinlichkeitstheoretische Stärke der Zusammenhänge der Merkmale, nicht aber der direkte kausale Zusammenhang messbar gemacht werden. Alle in dieser Arbeit getätigten Aussagen sollten aus diesen Gründen in einem korrelativen, nicht aber kausalen Bezug betrachtet werden.

Die Durchführung der Erhebung mittels Internet-basiertem Fragebogen kann zu einem Selektions-Bias und damit zur Rekrutierung einer nicht repräsentativen Zielpopulation geführt haben. Leider liegen uns keine Daten zu nicht teilnehmenden Personen vor, womit dieser Bias nicht weiter quantifiziert bzw. qualifiziert werden kann. Insgesamt

#### 4. Diskussion

##### 4.3 Limitationen und methodische Einschränkungen

zeigte sich die Rücklaufquote des Fragebogens mit 12 % aller angeschriebenen und erreichten Ärzt\*innen als für chirurgische Studien charakteristisch (Sprague et al. 2009, S. 27; Plerhoples et al. 2012, S. 71).

Die Gruppengröße ( $n = 124$ ), der ausgewerteten Studienpopulation, wurde aufgrund des Einschlusses von Operateur\*innen, die sowohl Laparotomie, Laparoskopie als auch das DaVinci-Verfahren durchführen, zusätzlich begrenzt. Beim Vergleich der Daten mit dem Ursprungs-Kollektiv/der Grundgesamtheit ( $n = 907$ ) zeigte sich, dass sich das ausgewählte Panel hinsichtlich ausgewählter Charakteristika leicht von der Grundgesamtheit unterscheidet (siehe Kapitel 3.1.1 bzw. Kapitel 4.2.1). Die Unterschiede sind teils durch die Auswahl des untersuchten Panels (alle Operateur\*innen, die sowohl DaVinci als auch Laparoskopie und Laparotomie durchführen), teils durch die Unterschiede in der Adaptation der Roboter-assistierten Methode erklärbar. Ein Vergleich mit allen 11.400 angeschriebenen Ärzt\*innen kann nicht vorgenommen werden, da von diesen Personen keine Daten zu den in dieser Studie untersuchten Merkmalen vorliegen.

Mit dem verwendeten Fragebogen wurde ein subjektives Erfassungsinstrument verwendet, das aus unterschiedlichen validierten Fragebögen zusammengesetzt wurde. Da bisher zur Erfassung körperlicher und psychischer Belastung von Operierenden kein standardisierter Fragebogen existiert, ist bei der Einordnung der Ergebnisse in den wissenschaftlichen Kontext die Vergleichbarkeit limitiert. Die Majorität der Studien zur psychischen Situation der Operateur\*innen erhebt die subjektive psychische Verfasstheit mittels unterschiedlicher Fragebögen (Klein et al. 2012; Yu et al. 2015; Gofrit et al. 2008; Boggess 2007; Berguer et al. 2006; Craven et al. 2013; Lanfranco et al. 2004; Ruitenburg et al. 2013; Nguyen et al. 2002; Reyes et al. 2006). Einige Studien bemühen sich um die Objektivierung und Verifizierung der Befunde durch die Bestimmung physiologischer Parameter, wie die Ableitung der elektrodermalen Hautaktivität oder Blickbewegungsmessungen mittels Elektro-Okulographie (Berguer et al. 2001; Berguer et al. 2006; Yu et al. 2015; Bullinger 1994, S. 39). Jedoch gestaltet sich die Übertragbarkeit und Vergleichbarkeit dieser, in einem laborativen Setting erhobenen physiologischen Parameter, mit den subjektiven Einschätzungen der Chirurg\*innen schwierig.

Es wurden in dieser Arbeit keine physiologischen Messungen zur Objektivierung der subjektiven Angaben der Operierenden vorgenommen. Gemäß des Studiendesign handelt es sich bei den gestellten Fragen um Recall-Fragen. Es muss daher davon

ausgegangen werden, dass alle Antworten ein gewisse Erinnerungsverzerrung und Unschärfe aufzeigen. Diese kognitive Verzerrung und Unschärfe ist Erhebungen retrospektiver Befunde inhärent und kann auch in der hier vorliegenden Querschnittsstudie angenommen werden. Gerade da simultan Merkmale für vier operative Methoden abgefragt wurden, ist eine solche Erinnerungsverzerrung vermeintlich Bestandteil des Antwortverhaltens der Befragten. Es ist anzunehmen, dass die Belastungshöhen körperlicher, psychischer und sonstiger Natur von den Befragten summierend kognitiv nur schwierig trennscharf abgerufen werden können. Die Resultate der Arbeit fußen daher auf der auf subjektiven Erinnerungen basierenden Bewertung des Individuums. Ein Abgleich mit objektivierbaren Datenpunkten ist nicht möglich, womit die Einschätzung der Höhe der Verzerrung schwierig ist.

In der Literatur ist beschrieben, dass Befragungen besonders von chirurgisch tätigen Ärzt\*innen Antwortverzerrungen, im Sinne einer systematischen Abweichung vom realen Sachverhalt, zugrunde liegen können (Reyes et al. 2006). Unter anderem ist die soziale Erwünschtheit als maßgeblich beeinflussender Faktor anzuführen (Bogner & Landrock 2015). Trotz der anonymen Befragung können wir nicht ausschließen, dass eine *soziale Erwünschtheit* auch bei der Beantwortung dieses Fragebogens eine Rolle gespielt hat und vor allem bei sensiblen Themen wie bei der Höhe oder der Art der psychischen Belastung zu systematischen Verzerrungen geführt hat.

In dieser Arbeit wurde das Augenmerk auf die körperliche und psychische Belastung zwischen den unterschiedlichen OP-Methoden und die damit einhergehenden Stressoren gelegt. Es bleiben jedoch soziale, emotionale und private Stressoren unberücksichtigt. Die Majorität der Chirurg\*innen gab in dieser Studie an, dass der ärztliche Beruf negative bis sehr negative Auswirkungen auf das Privatleben habe. Dies könnte einen (großen) Einfluss auf die insgesamt wahrgenommene Belastung haben und ebenfalls zu Wechselwirkungen mit der subjektiv empfundenen intraoperativen Belastung führen.

#### 4.4 Ausblick & Fazit

Eric Topol schreibt in seinem Buch *The Creative Destruction of Medicine*, dass die Medizinwelt des 21. Jahrhunderts *geschumpetered* wird. Ein Terminus Technicus der Wirtschaft, benannt nach Joseph Schumpeter, einem österreichischen Ökonomen, der

den Begriff *schöpferische Zerstörung* prägte. Er besagt, dass die plötzliche Zerstörung von bestehenden Märkten durch neue Technologien zur Disruption und damit zu einer Innovationsdynamik führt (Topol 2013, S. V; Priddat et al. 2017, S. 2 ff.). Diese Theorie bestätigt sich nicht nur durch die Corona-Krise im Bereich der medizinischen Forschung und Entwicklung sowie der Digitalisierung des Gesundheitssystems, sondern auch das Roboter-chirurgische Operations-Verfahren kann durchaus als eine solche Disruption betrachtet werden. Nietzsche konstatierte, dass der Preis von Fortschritt zu hoch ist, wenn die *Kosten* höher ausfielen als der eigentliche Nutzen (Nietzsche 2010, S. 117). In keiner Weise soll in der vorliegenden Arbeit der Fortschrittsgedanke stigmatisiert werden, vielmehr soll evaluiert werden mit welchen individuellen Kosten der technologische Fortschritt für den Operierenden einhergeht und wie sich die Operationsmethoden hinsichtlich dieser Kosten unterscheiden. Weiterhin wurde evaluiert, welche Faktoren beeinflussend auf die *Gesamtsumme* wirken.

In der vorliegenden Arbeit wurde deutlich, dass die Leistung des Operierenden einem Zusammenspiel multifaktorieller Einflüsse unterliegt. In einem idealen Szenario müssten alle Faktoren, die veränderbar sind und zu einer besonderen Belastung des Operierenden beitragen, in ihrem Einfluss gering gehalten werden, um nicht nur die bestmögliche Arbeitssituation, sondern ebenso die Erfolgswahrscheinlichkeiten für das bestmögliche Patienten-Outcome zu maximieren. Diese Einflussfaktoren, die zum Teil Personen-inhärent – wie Geschlecht, Alter, Ausbildungsstand, Stress-Resilienz – zum Teil aber auch zufällig und Umgebungs-inhärenter Natur sind – wie Unterbrechungen, zugeteilte Tischassistenz, intraoperative Komplikationen – und sich zum anderen aus technischen und Equipment-bezogenen Faktoren – wie Tischhöhe und Monitorstellung – zusammensetzen sind in ihrer Vielzahl nur schwierig komplett kontrollierbar. Aufgrund der Mannigfaltigkeit und zum Teil Unkontrollierbarkeit dieser Einflussfaktoren ist es wichtig, diese bereits in einem frühen Stadium der ärztlichen Ausbildung zu adressieren und eine Optimierung des chirurgischen Settings durchzusetzen, um ein ideales Arbeitsumfeld für die Operierenden zu schaffen. Die Ursachen der körperlichen Symptomatik der Chirurg\*innen wurden in dieser Studie insbesondere auf die obligatorische Zwangshaltung, Operationsdauer und Instrumentenbeschaffenheit zurückgeführt. Aber auch veränderbare Gegebenheiten, wie Umgebungstemperatur, Tischhöhe, Bildschirmposition und Beleuchtung zeigen einen Einfluss auf die körperliche Belastung. Diese Faktoren sollten im Hinblick auf die körperliche und psychische

Gesundheit der Operateur\*innen eine höhere Aufmerksamkeit erfahren und das operative Setting sollte dahingehend optimiert werden.

Trotz oder gerade aufgrund des Leitsatzes *form follows function* aus dem Produktdesign, sollte nicht nur die Wiederherstellung der körperlichen Belange des oder der Patient\*in sondern in Zukunft ebenso die körperliche und psychische Gesundheit und Unversehrtheit der Anwender durch den Gebrauch ergonomischer Leitlinien Berücksichtigung finden. Unter anderem haben van Veelen et al. ergonomische Guidelines für laparoskopisch tätige Chirurg\*innen entworfen und auch Hallbeck et al. versuchen auf die Notwendigkeit neuer standardisierter, ergonomischer Evaluationsmethoden und Erfassung beeinflussender Faktoren in Bezug auf medizinische Fehler hinzuweisen (van Veelen et al. 2004; Hallbeck et al. 2008). Zwei Studien konnten bereits belegen, dass die Bildschirmposition bei laparoskopisch assistierten Eingriffen nicht nur Auswirkungen auf die benötigte Interventionszeit, sondern auch auf die Leistungserbringung und operative Genauigkeit hat (Hanna et al. 1998; Van Det et al. 2009). Die beste Positionierung für den Monitor scheint direkt vor dem Operierenden, in Linie mit der Vorderarm-Instrumenten-Achse bei einem circa um 15° nach unten geneigten Blickwinkel zu sein (Van Det et al. 2009, S. 1283). Aber auch die Tischhöhe spielt neben der Bildschirmposition eine entscheidende Rolle. Berguer et al. haben durch die Beurteilung des Komforts während laparoskopischer Operationen die ergonomisch günstigste OP-Tischhöhe evaluiert. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die optimale Höhe einem Abstand von circa 64–77 cm über dem Bodenniveau entspricht, sodass das laparoskopische Instrumentarium nahe der Ellbogenhöhe der Chirurg\*innen positioniert werden kann (Berquer et al. 2002).

Nguyen et al. schreiben zusammenfassend „Ergonomics is the science of fitting the work environment [sic] to the worker.“ und nicht vice versa, wie es nach wie vor Realität und gelebte Praxis in den meisten OP-Sälen ist (Nguyen et al. 2002, S. 720).

Wie oben berichtet, besteht bezüglich der körperlichen Belastung der unterschiedlichen operativen Methoden wissenschaftlich weitestgehend Konsens. Dissens besteht jedoch hinsichtlich der psychischen Belastungssituation der Chirurg\*innen bei den operativen Verfahren. In der vorliegenden Studie wurde gezeigt, dass die Roboter-assistierte Operationsmethode mit der geringsten körperlichen Belastung einhergeht. Laparotomie sowie Laparoskopie hingegen zeigen sowohl eine höhere Prävalenz körperlicher Symptome als auch eine höhere absolute körperliche Belastung.

Plerhoples et al. mutmaßen, dass aufgrund der starken Differenz in der Durchführungshäufigkeit der Roboter-assistierten Methode, im Vergleich zur Laparoskopie und Laparotomie, über die kommenden Jahre auch ein negativer körperlicher Effekt beim DaVinci-Verfahren zur Ausprägung kommen könnte und damit die momentane Annahme der ergonomischen Überlegenheit des Verfahrens hinfällig wird (Plerhoples et al. 2012, S. 70).

Es konnte gezeigt werden, dass die neue Technologie der Roboter-Chirurgie mit einer deutlich geringeren körperlichen Belastung im Vergleich zur Laparotomie und Laparoskopie durch verbesserte ergonomische Gegebenheiten einhergeht. Die psychische Belastung, die technische Komplexität sowie der intraoperative Stress zeigten sich zwar im Vergleich mit den etablierten Verfahren als leicht höher, ob sich der geringe Unterschied tatsächlich für die Operateur\*innen in einer bewusst wahrgenommenen unterschiedlichen psychischen Belastung manifestiert, kann jedoch nicht abschließend eruiert werden, da die Unterschiede in den berichteten Mittelwerten sehr gering sind. Die Gründe für die leicht erhöhte psychische Belastung können unterschiedlicher Natur sein: Sowohl das Novum der chirurgischen Prozedur selbst, mangelndes Training als auch eventuell höherer mentaler Stress durch das isolierte autonome Operieren bei alleiniger Verantwortung für das operative Ergebnis sowie die gesteigerte Konzentrationsanforderung durch die veränderte 3D-Wahrnehmung könnten hierfür verantwortlich sein. Die DaVinci-Methode ist im Vergleich ein noch sehr neues operatives Verfahren. Durch steigende praktische Erfahrung und Vertrautheit der Operierenden mit der Roboter-assistierten Chirurgie über die Zeit ist zu erwarten, dass sich die Höhe der psychischen Belastung zukünftig verringern wird. Es kann abschließend festgehalten werden, dass die Anwendung der Roboter-assistierten Methode vor allem hinsichtlich der physischen Belastung für die Operateure und Operateurinnen im Vergleich mit den konventionellen Methoden vorteilhaft ist und sowohl eine geringere totale körperliche Belastung, als auch eine geringere Häufigkeit körperlicher Symptome nach OP-Durchführung nachgewiesen werden konnten.

Bei den zurzeit uneinheitlichen Ergebnissen der Untersuchungen zur psychischen Belastungssituation der Operierenden bei Roboter-assistierten Verfahren, sollten Untersuchungen mittels objektivierbarer, physiologischer Messungen wie Puls, Herzfrequenzvariabilität, Hautleitfähigkeit, Elektrokulographie und des salvatorischen Kortisols in einem realen Operationssetting durchgeführt werden. Auch sollte in Zukunft

die Frage beantwortet werden, ob ähnlich wie bei der Laparotomie und der Laparoskopie durch zunehmende Erfahrung (siehe auch Kapitel 4.2.3, Seite 83) der Operateur\*innen die leicht erhöhte psychische Belastung im Vergleich mit den übrigen Operationsmethoden abnimmt.

In dieser Studie gab die Mehrzahl der befragten und unter psychischen Symptomen leidenden Chirurg\*innen an, dass eine *unerfahrene Tischassistenz*, die noch vor sachfremden Unterbrechungen, Zeitdruck und Arbeitsbelastung genannt wird, zu den Hauptursachen der psychischen Belastung zählt. Auch zeigten in unserer Studie Assistenz- sowie Facharzt\*innen eine höhere psychische Belastung als erfahrenere Kolleg\*innen.

In einer Studie von 2009 gaben knapp 50 % der chirurgisch tätigen amerikanischen Ärzt\*innen an, dass sie ihren Kindern von einer Arztkarriere abraten würden (Shanafelt et al. 2009). In einer anderen Studie aus dem Jahr 2006 sagten 60 % der befragten Ärzt\*innen aus, sie hätten bereits erwogen die kurative Tätigkeit aufzugeben (LocumTenens.com 2006). Die Notwendigkeit der Veränderung und Adaptation des chirurgischen Trainings aber auch der Ausgestaltung der chirurgischen Profession auf die gewachsenen Ansprüche ist daher nicht nur für die mentale Belastung der betroffenen Jungchirurg\*innen, sondern ebenfalls für die Belastung der *alten Hasen* wichtig.

Zukünftige Studien sollten eine Differenzierung des intraoperativen Stresses und der physischen und psychischen Belastung nach OP-Schwierigkeit erwägen: Da der mentale und körperliche Workload der individuellen Operationen nicht abgefragt werden konnte, sollte erfasst werden, wie viele der durchgeführten Prozeduren nicht komplexe Standardeingriffe für die Operateur\*innen darstellen, da davon ausgegangen werden kann, dass diese Eingriffe für die Chirurg\*in weniger ermüdend sind.

Weiterführende Studien sollten ebenfalls die tatsächlichen und kausalen Auswirkungen von Stress und körperlicher Belastung auf das operative Ergebnis evaluieren. Hier sollten nicht nur die intraoperativen Effekte betrachtet, sondern vor allem objektivierbare Langzeitoutcomes für die Patient\*innen ermittelt werden. Eine Studie der Columbia University in New York verglich beispielsweise mehr als 80.000 urologische und gynäkologische Eingriffe mit konventionellen laparoskopischen sowie Roboterchirurgischen Vorgehen bei Ovariectomie und Zystektomie. Neben signifikant höheren Kosten wurde in dieser Studie ebenso eine Erhöhung intraoperativer Komplikationen beim Roboter-assistierten Verfahren nachgewiesen (Wright et al. 2014). Eine weitere

Studie von Melamed et al. aus dem Jahr 2018 vergleicht die Mortalität bei Frauen mit frühinvasivem Zervix-Karzinom und unterschiedlichen Operationsmethoden. Die Studie stellt fest, dass die Vier-Jahres-Mortalität nach minimal invasiver Operation bei 9,1% und bei 5,3% bei offenem chirurgischem Vorgehen liegt (Melamed et al. 2018).

Es sei festzuhalten, dass die minimalinvasive Operationsmethodik der Laparoskopie bei postulierter schnellerer Rekonvaleszenz und besseren kosmetischen Ergebnissen für die Patient\*innen paradoxerweise mit einer erhöhten körperlichen Beanspruchung für die Operateur\*innen einhergeht.

In unserer Studie wurde die psychische Belastung des Berufs als Arzt beziehungsweise Ärztin im Mittel mit  $\bar{x} = 7,26$  angegeben, womit sie sich in einem hohen Bereich bewegt. Darüber hinaus wurde die Auswirkung auf das Privatleben von mehr als 50 % der Befragten als negativ bis sehr negativ beschrieben. Wetzel et al. zeigten in ihrer Studie aus dem Jahr 2006, dass Stress bei Chirurg\*innen negative Auswirkungen auf das operative Urteilsvermögen sowie das Entscheidungsverhalten und die Kommunikation hat (Wetzel et al. 2006, S. 9). Andreatta et al. fassen es wie folgt zusammen: „Stress can lead to decreases in knowledge, skill-based surgical motion, technical information processing, and performance“ (Andreatta et al. 2010, S. 632). Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch erhöhte psychische Belastung der Operierenden jedweder Natur in der Konsequenz ein schlechteres operatives Outcome für die Patient\*innen oder das Auftreten unerwünschter Ereignisse bzw. Komplikationen entstehen.

Aufgrund der beschriebenen und auch in dieser Studie nachgewiesenen höheren technischen Komplexität der minimalinvasiven Methoden scheint eine leicht höhere psychische Belastung der Operateur\*innen nicht verwunderlich. Rodrigues und Kollegen zitieren eine Studie aus dem Jahre 2007, in der bei 87 % der observierten laparoskopischen Eingriffe eine oder mehrere Störungen der technischen Ausstattung beobachtet werden konnten und fassen wie folgt zusammen: „Altogether, it appears to be particularly the advanced technology added to sur-gery [sic] that hinders patient safety in MIS [Minimal Invasive Surgery, Anm. d. Verf.] compared with CS [Conventional Surgery, Anm. d. Verf.]“ (Rodrigues et al. 2012, S. 354).

Darüber hinaus sind nicht nur die chirurgischen Interventionen selbst wirtschaftlich kostenintensiv, auch die pekuniären Belastungen aus ineffizienter Behandlung sind für die Gesundheitsökonomie und damit die Gesellschaft substanziell. Daher sollte ebenso

aus gesamt- und sozio-ökonomischem Interesse die Verbesserung der Patientensicherheit und der Effizienz und Effektivität von operativen Eingriffen sowie die körperliche und geistige Unversehrtheit der Operierenden ein übergeordnetes Ziel darstellen.

In einer Studie von Pritchard et al. werden allein für England beeindruckende 354 unerwünschte Vorfälle pro Tag berichtet, die mit chirurgischen Interventionen assoziiert sind (Pritchard et al. 2010, S. 1). Das *American College of Surgeons* (ACS) geht im operativen Bereich von einer hohen Dunkelziffer aus: Laut ACS kommt es bei 70 bis 95 % aller operativen Missgeschicke gar nicht erst zur offiziellen Meldung (Kohn et al. 2000, S. 270). Das Potential für Interventionen zur Sicherung der Gesundheit von Patienten und Patientinnen, aber auch der physischen und psychischen Gesundheit der behandelnden Ärzt\*innen lässt sich damit nicht leugnen.

Das Yerkes-Dodson-Gesetz nimmt an, dass es zwischen Arousal und der kognitiven Leistungsfähigkeit einen U-förmigen Zusammenhang gibt, bei dem sowohl ein Über- als auch ein Unter-Arousal die Leistungsfähigkeit hemmt (Cohen 2011). Nimmt man die Übertragbarkeit der Aussage des Yerkes-Dodson-Gesetz auf die psychische Belastung der Chirurg\*innen bei operativen Eingriffen an, so sollte zukünftige Forschung das Optimum des Aktivationsniveaus für die Operateur\*innen bestimmen, um ein möglichst effektives und effizientes Operationsergebnis für die Patient\*innen bei gleichzeitigem Eustress des Operierenden zu erzielen.

Resümierend soll festgehalten werden, dass neue Technologien nicht nur hinsichtlich der Vorteile für die Patient\*innen, sondern auch auf die Auswirkungen für die Anwender\*innen evaluiert werden sollten. Nur wenn die Vorteile einer neuen Technologie die Nachteile überwiegen, sollte eine flächendeckende Adaptation stattfinden. Zum Teil werden sich diese Nach- bzw. Vorteile erst in den kommenden Jahrzehnten in weiteren Studien manifestieren.

Topol schreibt in seinem Buch: „Medicine is remarkably conservative to the point of being properly characterized as sclerotic, even ossified.“ (Topol 2013, S. VI). Die Ansprüche an die mentale Flexibilität und Kapazität an den Homo sapiens werden weiter steigen: die bevorstehende Digitalisierung der menschlichen Biologie und Physiologie, die Allgegenwärtigkeit von Sensoren, der technologische Fortschritt – von Artificial Intelligence zu technologischer Singularität, der intellektuellen Überlegenheit der

Maschine über den Menschen durch Selbstvervollkommnung. Die Medizin wird sich auch in Zukunft wandeln und diese Zukunft hat bereits begonnen.

Ökonomische, ethische und philosophische Fragestellungen werden nicht nur hinsichtlich operativer Methoden beantwortet werden müssen und die Roboter-Chirurgie wird sich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in den kommenden Jahren rasant weiterentwickeln. Vielleicht wird es sogar in nicht allzu ferner Zukunft möglich sein ganz ohne menschliches Zutun Patienten operativ zu versorgen. Aber, um mit den Worten von Niels Bohr zu schließen: „It is difficult to predict, especially the future.“ (Shapiro 2007, S. 92).



## Literaturverzeichnis

- Aasland, O.G., Olf, M., Falkum, E., Schweder, T. und Ursin, H. 1997. Health complaints and job stress in norwegian physicians: The use of an overlapping questionnaire design. *Social Science and Medicine* 45, 11, 1615–1629.
- Andreatta, P.B., Hillard, M. und Krain, L.P. 2010. The impact of stress factors in simulation-based laparoscopic training. *Surgery* 147, 5, 631–639.
- Arora, S., Hull, L., Sevdalis, N., Tierney, T., Nestel, D., Woloshynowych, M., Darzi, A. und Kneebone, R. 2010. Factors compromising safety in surgery: stressful events in the operating room. *American Journal of Surgery* 199, 1, 60–65.
- Arora, S., Sevdalis, N., Nestel, D., Woloshynowych, M., Darzi, A. und Kneebone, R. 2010. The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *Surgery* 147, 3, 318–330.
- Baltes-Götz, B. 2020. *Mediator- und Moderatoranalyse mit SPSS und PROCESS*. Zentrum für Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie an der Universität Trier.
- Baum, S., Sillem, M., Ney, J.T., Baum, A., Friedrich, M., Radosa, J., Kramer, K.M., Gronwald, B., Gottschling, S., Solomayer, E.F., et al. 2017. What are the advantages of 3D cameras in gynaecological laparoscopy? *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 77, 1, 45–51.
- Benhidjeb, T. und Stark, M. 2012. Natural Orifice Surgery (NOS)-the next step in the evolution of minimally invasive surgery. *Journal of the Turkish German Gynecology Association*, 13(1), 56–60.
- Bergovec, M. und Orlic, D. 2008. Orthopaedic surgeons' cardiovascular response during total hip arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 466, 2, 411–416.
- Berguer, R. 1999. Surgery and ergonomics. *Archives of Surgery* 134, 9, 1011–1016.
- Berguer, R. 1998. Surgical technology and the ergonomics of laparoscopic instruments. *Surgical Endoscopy* 12, 5, 458–462.
- Berguer, R., Chen, J. und Smith, W.D. 2003. A comparison of the physical effort required for laparoscopic and open surgical techniques. *Archives of Surgery* 138, 9, 967–970.
- Berguer, R., Forkey, D.L. und Smith, W.D. 1998. Ergonomic problems associated with

laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy Ultrasound and Interventional Techniques* 13, 466–468.

Berguer, R., Gerber, S., Kilpatrick, G. und Beckley, D. 1998. An ergonomic comparison of in-line vs pistol-grip handle configuration in a laparoscopic grasper. *Surgical Endoscopy* 12, 6, 805–808.

Berguer, R., Rab, G.T., Alarcon, A. und Chung, J. 1997. A comparison of surgeons' posture during laparoscopic and open surgical procedures. *Surgical Endoscopy* 11, 139–142.

Berguer, R. und Smith, W. 2006. An Ergonomic Comparison of Robotic and Laparoscopic Technique: The Influence of Surgeon Experience and Task Complexity. *Journal of Surgical Research* 134, 1, 87–92.

Berguer, R., Smith, W.D. und Chung, Y.H. 2001. Performing laparoscopic surgery is significantly more stressful for the surgeon than open surgery. *Surgical Endoscopy* 15, 10, 1204–1207.

Bernhardt, S., Nicolau, S.A., Soler, L. und Doignon, C. 2017. The status of augmented reality in laparoscopic surgery as of 2016. *Medical Image Analysis*, 37, 66–90.

Berquer, R., Smith, W.D. und Davis, S. 2002. An ergonomic study of the optimum operating table height for laparoscopic surgery. *Surgical endoscopy* 16, 3, 416–421.

Bogges, J.F. 2007. Robotic surgery in gynecologic oncology: evolution of a new surgical paradigm. *Journal of Robotic Surgery* 1, 1, 31–37.

Bogner, K. und Landrock, U. 2015. *Antworttendenzen in standardisierten Umfragen*. Mannheim: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (SDM Survey Guidelines).

Bogner, K. und Menold, N. 2015. *Gestaltung von Ratingskalen in Fragebögen*. Mannheim: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (SDM Survey Guidelines).

Böhm, B., Rötting, N., Schwenk, W., Grebe, S. und Mansmann, U. 2001. A prospective randomized trial on heart rate variability of the surgical team during laparoscopic and conventional sigmoid resection. *Archives of Surgery* 136, 3, 305–310.

Buddeberg-Fischer, B., Stamm, M., Buddeberg, C., Bauer, G., Hämmig, O. und Klaghofer, R. 2008. Arbeitsstress, Gesundheit und Lebenszufriedenheit junger Ärztinnen und Ärzte: Ergebnisse einer Schweizer Longitudinalstudie. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 133, 47, 2441–2447.

- Bullinger, H.-J. 1994. *Ergonomie: Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bundesärztekammer 2018a. *Ärztstatistik 2018. Ärztinnen/Ärzte nach Bezeichnungen und Tätigkeitsarten. Tabelle 3*.  
[https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/StatTab03.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/StatTab03.pdf) [letzter Zugriff am 2021-03-13].
- Bundesärztekammer 2018b. *Ärztstatistik 2018. Ärztinnen nach Bezeichnungen und Tätigkeitsarten. Tabelle 4*.  
[https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/StatTab04.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/StatTab04.pdf) [letzter Zugriff am 2021-03-14].
- Bundesärztekammer 2018c. *Ärztstatistik zum 31. Dezember 2018*.  
[https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/Stat18AbbTab.pdf](https://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/Statistik2018/Stat18AbbTab.pdf) [letzter Zugriff am 2021-03-14].
- Capone, A.C., Parikh, P.M., Gatti, M.E., Davidson, B.J. und Davison, S.P. 2010. Occupational injury in plastic surgeons. *Plastic and Reconstructive Surgery* 125, 5, 1555–1561.
- Carswell, C.M., Clarke, D. und Seales, W.B. 2005. Assessing mental workload during laparoscopic surgery. *Surgical Innovation* 12, 1, 80–90.
- Childers, C.P. und Maggard-Gibbons, M. 2018. Understanding costs of care in the operating room. *JAMA Surgery* 153, 4, E1–E7.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd Auflage New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Craven, R., Franasiak, J., Mosaly, P. und Gehrig, P.A. 2013. Ergonomic Deficits in Robotic Gynecologic Oncology Surgery: A Need for Intervention. *Journal of Minimally Invasive Gynecology* 20, 5, 648–655.
- Cuschieri, A. 1995. Whither minimal access surgery: tribulations and expectations. *The American Journal of Surgery* 169, 1, 9–19.
- Dakin, G.F. und Gagner, M. 2003. Comparison of laparoscopic skills performance between standard instruments and two surgical robotic systems. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 17, 4, 574–579.
- Davis, W.T., Fletcher, S.A. und Guillaumondegui, O.D. 2014. Musculoskeletal occupational injury among surgeons: Effects for patients, providers, and institutions. *Journal of Surgical Research* 189, 2, 207–212.
- Van Det, M.J., Meijerink, W.J.H.J., Hoff, C., Totté, E.R. und Pierie, J.P.E.N. 2009.

- Optimal ergonomics for laparoscopic surgery in minimally invasive surgery suites: A review and guidelines. *Surgical Endoscopy* 23, 6, 1279–1285.
- Dewa, C.S., Jacobs, P., Thanh, N.X. und Loong, D. 2014. An estimate of the cost of burnout on early retirement and reduction in clinical hours of practicing physicians in Canada. *BMC Health Services Research* 14, 1, 1–9.
- Dieffenbach, J.F. 1848. *Die operative Chirurgie*. Bd. Band 2, Leipzig: F. A. Brockhaus.
- Eckart, W.U. 2017. *Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin*. 8. Auflage Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.
- Ellis, H. 2008. The first successful elective laparotomy. *Journal of perioperative practice* 18, 5, 211.
- Fahrenkopf, A.M., Sectish, T.C., Barger, L.K., Sharek, P.J., Lewin, D., Chiang, V.W., Edwards, S., Wiedermann, B.L. und Landrigan, C.P. 2008. Rates of medication errors among depressed and burnt out residents: Prospective cohort study. *Bmj* 336, 7642, 488–491.
- Field, A. 2013. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 4. Auflage New York: Sage Publications Ltd.
- Ford, D.E., Mead, L.A., Chang, P.P., Cooper-Patrick, L., Wang, N.Y. und Klag, M.J. 1998. Depression is a risk factor for coronary artery disease in men: The precursors study. *Archives of Internal Medicine* 158, 13, 1422–1426.
- Foster, G.E., Evans, D.F. und Hardcastle. J.D. 1978. Heart-rates of Surgeons during Operations and other clinical Activities and their Modification by Oxprenolol. *The Lancet* 311, 8078, 1323–1325.
- Frank, E. und Dingle, A.D. 1999. Self-reported depression and suicide attempts among U.S. women physicians. *American Journal of Psychiatry* 156, 12, 1887–1894.
- Fuß, I., Nübling, M., Hasselhorn, H.M., Schwappach, D. und Rieger, M.A. 2008. Working conditions and work-family conflict in German hospital physicians: Psychosocial and organisational predictors and consequences. *BMC Public Health* 8, 1–17.
- Gawande, A. 2012. Two hundred years of surgery. *New England Journal of Medicine*, 366(18), 1716–1723.
- Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2017. *Durchschnittliche Körpermaße der Bevölkerung (Größe in m, Gewicht in kg). Gliederungsmerkmale: Jahre, Deutschland, Alter, Geschlecht*. [https://www.gbe-bund.de/gbe/i?i=Körpermaße\\_der\\_Bevölkerung\\_223D](https://www.gbe-bund.de/gbe/i?i=Körpermaße_der_Bevölkerung_223D) [letzter Zugriff am 2020-05-

8].

- Giri, S. und Sarkar, D.K. 2012. Current Status of Robotic Surgery. *Indian Journal of Surgery* 74, 3, 242–247.
- Gofrit, O.N., Mikahail, A.A., Zorn, K.C., Zagaja, G.P., Steinberg, G.D. und Shalhav, A.L. 2008. Surgeons' Perceptions and Injuries During and After Urologic Laparoscopic Surgery. *Urology* 71, 3, 404–407.
- Gothe, H., Köster, A.D., Storz, P., Nolting, H.D. und Häussler, B. 2007. Arbeits- und Berufszufriedenheit von Ärzten. *Deutsches Arzteblatt* 104, 20, 1394–1399.
- Grantcharov, P.D., Boillat, T., Elkabany, S., Wac, K. und Rivas, H. 2019. Acute mental stress and surgical performance. *BJS Open* 3, 1, 119–125.
- Halbesleben, J.R.B. und Rathert, C. 2008. Linking physician burnout and patient outcomes: Exploring the dyadic relationship between physicians and patients. *Health Care Management Review* 33, 1, 29–39.
- Hallbeck, M.S., Koneczny, S., Büchel, D. und Matern, U. 2008. Ergonomic usability testing of operating room devices. *Studies in Health Technology and Informatics* 132, 16, 147–152.
- Hanna, G.B., Shimi, S.M. und Cuschieri, A. 1998. Task performance in endoscopic surgery is influenced by location of the image display. *Annals of Surgery* 227, 4, 481–484.
- Hassan, I., Weyers, P., Maschuw, K., Dick, B., Gerdes, B., Rothmund, M. und Zielke, A. 2006. Negative stress-coping strategies among novices in surgery correlate with poor virtual laparoscopic performance. *British Journal of Surgery* 93, 12, 1554–1559.
- Hemal, A.K., Srinivas, M. und Charles, A.R. 2001. Ergonomic problems associated with laparoscopy. *Journal of Endourology* 15, 5, 499–503.
- Hirayama, M. und Fernando, S. 2016. Burnout in surgeons and organisational interventions. *Journal of the Royal Society of Medicine* 109, 11, 400–403.
- Hollenberg, S. 2016. *Fragebögen: Fundierte Konstruktion, sachgerechte Anwendung und aussagekräftige Auswertung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Holm, K. 1975. *Die Befragung 1*. Tübingen: A.Francke Verlag GmbH.
- Horgan, L.F., O'Riordan, D.C. und Doctor, N. 1997. Neuropraxia following laparoscopic procedures: An occupational injury. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies* 6, 1, 33–35.
- Hubert, N., Gilles, M., Meyer, J., Desbrosses, K., Felblinger, J. und Hubert, J. 2013.

- Ergonomic assessment of the surgeon's physical workload during standard and robotic assisted laparoscopic procedures. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 9, 142–147.
- Inaki, N., Kanehira, E., Kinoshita, T., Komai, K., Omura, K. und Watanabe, G. 2007. Ringed silicon rubber attachment prevents laparoscopic surgeon's thumb. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 21, 7, 1126–1130.
- Joiko, K., Schmauder, M. und Wolff, G. 2010. *Psychische Belastung und Beanspruchung im Berufsleben*. Bd. 5, Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Kano, N., Yamakawa, T., Ishikawa, Y., Miyajima, N., Ohtaki, S. und Kasugai, H. 1995. Prevention of laparoscopic surgeon's thumb. *Surgical Endoscopy* 9, 6, 738–739.
- Keller, D. 2016. *Multiple lineare Regression mit SPSS/IBM, Schritt-für-Schritt-Anleitung*. <https://statistik-und-beratung.de/wp-content/uploads/2016/01/E-Book-Multiple-Lineare-Regression-mit-SPSSIBM.pdf> [letzter Zugriff am 2021-02-14].
- Keller, M., Aulike, B., Böhmert, M. und Nienhaus, A. 2010. Explorative Studie zur Erfassung arbeitsbedingter Stressoren und Ressourcen von Klinikärztinnen und Ärzten. *Journal Psychologie des Alltagshandelns* 3, 1, 39–50.
- Kelley, W.E. 2008. The evolution of laparoscopy and the revolution in surgery in the decade of the 1990s. *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons* 12, 4, 351–357.
- Klein, J., Grosse Frie, K., Blum, K. und von dem Knesebeck, O. 2010. Burnout and perceived quality of care among German clinicians in surgery. *International Journal for Quality in Health Care* 22, 6, 525–530.
- Klein, M.I., Warm, J.S., Riley, M.A., Matthews, G., Doarn, C., Donovan, J.F. und Gaitonde, K. 2012. Mental workload and stress perceived by novice operators in the laparoscopic and robotic minimally invasive surgical interfaces. *Journal of Endourology* 26, 8, 1089–1094.
- Klinikradar.de 2022. *Klinikradar.de*. <https://klinikradar.de/da-vinci-op-roboter/kliniken/> [letzter Zugriff am 2022-09-15].
- Kohn, L.T., Corrigan, J.M. und Donaldson, M.S. 2000. *To Err Is Human: Building a Safer Health System*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Lanfranco, A.R., Castellanos, A.E., Desai, J.P. und Meyers, W.C. 2004. Robotic Surgery: A Current Perspective. *Annals of Surgery* 239, 1, 14–21.
- Lawther, R.E., Kirk, G.R. und Regan, M.C. 2002. Laparoscopic procedures are

- associated with a significant risk of digital nerve injury for general surgeons. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 84(6), 443.
- Lee, E.C., Rafiq, A., Merrell, R., Ackerman, R. und Dennerlein, J.T. 2005. Ergonomics and human factors in endoscopic surgery: A comparison of manual vs telerobotic simulation systems. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 19, 8, 1064–1070.
- Litynski, G.S. 1999. Endoscopic surgery: The history, the pioneers. *World Journal of Surgery* 23, 8, 745–753.
- Litynski, G.S. 1997. Laparoscopy--the early attempts: spotlighting Georg Kelling and Hans Christian Jacobaeus. *JSLS : Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons / Society of Laparoendoscopic Surgeons* 1, 1, 83–85.
- LocumTenens.com 2006. *Insights on Reducing Physician Turnover*.  
<https://www.locumtenens.com/physician-recruitment/physician-dissatisfaction-growing/> [letzter Zugriff am 2019-12-12].
- MacKinnon, D.P. 2008. *Multivariate applications series. Introduction to statistical mediation analysis*. London: Taylor & Francis.
- Majeed, A.W., Jacob, G., Reed, M.W.R. und Johnson, A.G. 1993. Laparoscopist's Thumb: An Occupational Hazard. *Archives of Surgery*, 128(3), 357.
- Markwardt, C. 2007. Noch einmal: Ärztengesundheit. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift* 132, 21, 9.
- Marrelli, M., Gentile, S., Palmieri, F., Paduano, F. und Tatullo, M. 2014. Correlation between surgeon's experience, surgery complexity and the alteration of stress related physiological parameters. *PLOS ONE* 9, 11, 1–8.
- Mees, S.T. 2017. *Robotik in der Chirurgie*. <https://www.bdc.de/robotik-in-der-chirurgie/> [letzter Zugriff am 2020-05-1].
- Melamed, A., Margul, D., Chen, L., Keating, N., Del Carmen, M., Yang, J., Seagle, B.-L., Alexander, A., Barber, E., Rice, L., et al. 2018. Survival after Minimally Invasive Radical Hysterectomy for Early- Stage Cervical Cancer. *New England Journal of Medicine* 379, 20, 1905–1914.
- Miller, K., Benden, M., Pickens, A., Shipp, E. und Zheng, Q. 2012. Ergonomics principles associated with laparoscopic surgeon injury/illness. *Human Factors* 54, 6, 1087–1092.
- Mohammad Mirbod, S., Yoshida, H., Miyamoto, K., Miyashita, K., Inaba, R. und Iwata, H. 1995. Subjective complaints in orthopedists and general surgeons. *International*

*Archives of Occupational and Environmental Health* 67, 3, 179–186.

Moore, L.J., Wilson, M.R., McGrath, J.S., Waive, E., Masters, R.S.W. und Vine, S.J. 2015. Surgeons' display reduced mental effort and workload while performing robotically assisted surgical tasks, when compared to conventional laparoscopy.

*Surgical Endoscopy* 29, 9, 2553–2560.

Moorthy, K., Munz, Y., Dosis, A., Bann, S. und Darzi, A. 2003. The effect of stress-inducing conditions on the performance of a laparoscopic task. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 17, 9, 1481–1484.

Nguyen, N.T., D, M., Ho, H.S., D, M., Smith, W.D., Ph, D., Philipps, C., Lewis, C., S, M., Vera, R.M. De, et al. 2002. An ergonomic evaluation of surgeons' axial skeletal and upper extremity movements during laparoscopic and open surgery. *The American Journal of Surgery* 182, 2001, 720–724.

Nietzsche, F. 2010. Zur Genealogie der Moral. Eine Streitschrift. In R. Bogards, hg. *Texte zur Kulturtheorie und Kulturwissenschaft*. Stuttgart: Reclam, 83–96.

Nio, D., Bemelman, W.A., Boer, K.T., Dunker, M.S., Gouma, D.J. und Gulik, T.M. 2002. Efficiency of manual vs robotical (Zeus) assisted laparoscopic surgery in the performance of standardized tasks. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 16, 3, 412–415.

Nisky, I., Huang, F., Milstein, A., Pugh, C.M., Mussa-Ivaldi, F.A. und Karniel, A. 2012. Perception of stiffness in laparoscopy - The fulcrum effect. *Studies in Health Technology and Informatics* 173, 313–319.

Normenausschuss Ergonomie, D.D.I. für N. e. V. 2000. *DIN EN ISO 10075-1:2000, Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung, Teil 1: Allgemeines und Begriffe*.

Norton, J., Barie, P.S., Bollinger, R.R., Chang, A.E., Lowry, S., Mulvihill, S.J., Pass, H.I. und Thompson, R.W. 2001. *Surgery. Basic Science and Clinical Evidence*. 1. Auflage New York: Springer.

Nübling, M., Stößel, U., Hasselhorn, H.-M., Michaelis, M. und Hofmann, F. 2005. *Methoden zur Erfassung psychischer Belastungen*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Oliveira, C.M., Nguyen, H.T., Ferraz, A.R., Watters, K., Rosman, B. und Rahbar, R. 2012. Robotic surgery in otolaryngology and head and neck surgery: A review. *Minimally Invasive Surgery* 2012, 1–11.

Panait, L., Shetty, S., Shewokis, P.A. und Sanchez, J.A. 2014. Do laparoscopic skills

- transfer to robotic surgery? *Journal of Surgical Research* 187, 1, 53–58.
- Park, A., Lee, G., Seagull, F.J., Meenaghan, N. und Dexter, D. 2010. Patients Benefit While Surgeons Suffer: An Impending Epidemic. *Journal of the American College of Surgeons* 210, 3, 306–313.
- Payne, R.L. und Rick, J.T. 1986. Heart rate as an indicator of stress in surgeons and anaesthetists. *Journal of Psychosomatic Research* 30, 4, 411–420.
- Petrone, P., Niola, M., Di Lorenzo, P., Paternoster, M., Graziano, V., Quaremba, G. und Buccelli, C. 2015. Early medical skull surgery for treatment of post-traumatic osteomyelitis 5,000 years ago. *PLoS ONE* 10, 5, 7–11.
- Plerhoples, T.A., Hernandez-Boussard, T. und Wren, S.M. 2012. The aching surgeon: A survey of physical discomfort and symptoms following open, laparoscopic, and robotic surgery. *Journal of Robotic Surgery* 6, 1, 65–72.
- Prendergast, C., Ketteler, E. und Evans, G. 2017. Burnout in the plastic surgeon: Implications and interventions. *Aesthetic Surgery Journal* 37, 3, 363–368.
- Priddat, B. und Bohnet-Joschko, S. 2017. *Schöpferische Zerstörung als `agens movens` der Ökonomie?*. Bd. 44,
- Pritchard, C., Brackstone, J. und MacFie, J. 2010. Adverse events and patient safety in the operation theatre: perspectives of 549 surgeons. *The Royal College of Surgeons of England Bulletin* 92, 6, 1–4.
- Punnett, L. und Wegman, D.H. 2004. Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14, 1, 13–23.
- Radermacher, K., Von Pichler, K.C., Erbse, S., Boeckmann, W., Rau, G., Jakse, G. und Staudte, H.W. 1996. Using human factor analysis and VR simulation techniques for the optimization of the surgical worksystem. *Studies in Health Technology and Informatics* 29, 532–541.
- Reimer, C., Trinkaus, S. und Jurkat, H.B. 2005. Suizidalität bei Ärztinnen und Ärzten. *Psychiatrische Praxis* 32, 8, 381–385.
- Reyes, D.A.G., Tang, B. und Cuschieri, A. 2006. Minimal access surgery (MAS)-related surgeon morbidity syndromes. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 20, 1, 1–13.
- Rodrigues, S.P., Wever, A.M., Dankelman, J. und Jansen, F.W. 2012. Risk factors in patient safety: Minimally invasive surgery versus conventional surgery. *Surgical Endoscopy* 26, 2, 350–356.

- Roth, I. 2011. *Die Arbeitsbedingungen in Krankenhäusern aus Sicht der Beschäftigten*. Berlin: Ver.di - Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft.
- Ruitenburg, M.M., Frings-Dresen, M.H.W. und Sluiter, J.K. 2013. Physical job demands and related health complaints among surgeons. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 86, 3, 271–279.
- Rutkow, I.M. 2000. Trephination: How Did They Do It? *Archives of Surgery* 135, 9, 1119–1119.
- Ruurda, J.P., Broeders, I.A.M.J., Pulles, B., Kappelhof, F.M. und Van Der Werken, C. 2004. Manual robot assisted endoscopic suturing: Time-action analysis in an experimental model. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 18, 8, 1249–1252.
- Sanagoo, A. 2015. *Eine neuartige Roboterkinematik für die laparoskopische Single-Port Chirurgie*. Fraunhofer Verlag.
- Sari, V., Nieboer, T.E., Vierhout, M.E., Stegeman, D.F. und Kluivers, K.B. 2010. The operation room as a hostile environment for surgeons: Physical complaints during and after laparoscopy. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies* 19, 2, 105–109.
- Scerbo, M.W., Britt, R.C. und Stefanidis, D. 2017. Differences in mental workload between traditional and single-incision laparoscopic procedures measured with a secondary task. *American Journal of Surgery* 213, 2, 244–248.
- Schlich, T. 2018. *The Palgrave Handbook of the History of Surgery*. Macmillan Publishers.
- Schulz-Dadaczynski, A. 2017. Umgang mit Zeit- und Leistungsdruck: Eher Anpassung als Reduktion? *Pravention und Gesundheitsforderung* 12, 3, 160–166.
- Schumann, S. 2000. *Repräsentative Umfrage: praxisorientierte Einführung in empirische Methoden und statistische Analyseverfahren*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Shanafelt, T.D., Balch, C.M., Bechamps, G.J., Russell, T., Dyrbye, L., Satele, D., Collicott, P., Novotny, P.J., Sloan, J. und Freischlag, J.A. 2009. Burnout and career satisfaction among american surgeons. *Annals of Surgery* 250, 3, 463–470.
- Shanafelt, T.D., Boone, S., Tan, L., Dyrbye, L.N., Sotile, W., Satele, D., West, C.P., Sloan, J. und Oreskovich, M.R. 2012. Burnout and satisfaction with work-life balance among US physicians relative to the general US population. *Archives of Internal Medicine* 172, 18, 1377–1385.

- Shanafelt, T.D., Dyrbye, L.N. und West, C.P. 2017. Addressing Physician Burnout. The Way Forward. *JAMA : the journal of the American Medical Association* 317, 9, 901–902.
- Shapiro, F.R. 2007. *The Yale book of quotations*. New Haven: Yale University Press.
- Smith, W.D., Berguer, R. und Rosser, J.C. 2003. Wireless virtual instrument measurement of surgeons' physical and mental workloads for robotic versus manual minimally invasive surgery. *Studies in Health Technology and Informatics* 01, 94, 318–324.
- Smith, W.D., Berguer, R. und Rosser Jr., J.C. 2003. Wireless Virtual Instrument Measurement of Surgeons' Physical and Mental Workloads for Robotic Versus Manual Minimally Invasive Surgery. *Studies in Health Technology and Informatic* 94, 11-Medicine Meets Virtual Reality, 318–324.
- Soueid, A., Oudit, D., Thiagarajah, S. und Laitung, G. 2010. The pain of surgery: Pain experienced by surgeons while operating. *International Journal of Surgery* 8, 2, 118–120.
- Sprague, S., Quigley, L. und Bhandari, M. 2009. Survey design in orthopaedic surgery: Getting surgeons to respond. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 91, SUPPL. 3, 27–34.
- Statistisches Bundesamt 2017. *Gesundheit - Grunddaten der Krankenhäuser - Fachserie 12, Reihe 6.1.1*. Bd. 49, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt *Krankenstand*.  
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-2/krankenstand.html> [letzter Zugriff am 2020-a-05-8].
- Statistisches Bundesamt *Wöchentliche Arbeitszeit*.  
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Qualitaet-Arbeit/Dimension-3/woechentliche-arbeitszeitl.html> [letzter Zugriff am 2020-b-05-8].
- Stefanidis, D., Wang, F., Korndorffer, J.R., Dunne, J.B. und Scott, D.J. 2010. Robotic assistance improves intracorporeal suturing performance and safety in the operating room while decreasing operator workload. *Surgical Endoscopy* 24, 2, 377–382.
- Stern, K. 1996. *Ende eines Traumberufs? Lebensqualität und Belastungen bei Ärztinnen und Ärzten*. Münster/New York: Waxmann.
- Stomberg, M.W., Tronstad, S.E., Hedberg, K., Bengtsson, J., Jonsson, P., Johansen, L. und Lindvall, B. 2010. Work-related musculoskeletal disorders when performing

- laparoscopic surgery. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy and Percutaneous Techniques* 20, 1, 49–53.
- Stucky, C.C.H., Cromwell, K.D., Voss, R.K., Chiang, Y.J., Woodman, K., Lee, J.E. und Cormier, J.N. 2018. Surgeon symptoms, strain, and selections: Systematic review and meta-analysis of surgical ergonomics. *Annals of Medicine and Surgery* 27, 1–8.
- Szeto, G.P.Y., Ho, P., Ting, A.C.W., Poon, J.T.C., Cheng, S.W.K. und Tsang, R.C.C. 2009. Work-related Musculoskeletal Symptoms in Surgeons. *Journal of Occupational Rehabilitation* 19, 2, 175–184.
- Taffinder, N.J., McManus, I.C., Gul, Y., Russell, R.C.G. und Darzi, A. 1998. Effect of sleep deprivation on surgeons' dexterity on laparoscopy simulator. *Lancet* 352, 1191.
- Topol, E. 2013. *The Creative Destruction of Medicine: How the Digital Revolution Will Create Better Health Care*. New York: Basic Books.
- Uhrich, M.L., Underwood, R.A., Standeven, J.W., Soper, N.J. und Engsberg, J.R. 2002. Assessment of fatigue, monitor placement, and surgical experience during simulated laparoscopic surgery. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 16, 4, 635–639.
- Upton, D., Mason, V., Doran, B., Solowiej, K., Shiralkar, U. und Shiralkar, S. 2012. The experience of burnout across different surgical specialties in the United Kingdom: A cross-sectional survey. *Surgery* 151, 4, 493–501.
- Urban, D. und Mayerl, J. 2018. Mediator- und Moderatoreffekte. In *Angewandte Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Praxis*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 325–348.
- van Veelen, M.A., Jakimowicz, J.J. und Kazemier, G. 2004. Improved physical ergonomics of laparoscopic surgery. *Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies* 13, 3, 161–166.
- Van Veelen, M.A. und Meijer, D.W. 1999. Ergonomics and design of laparoscopic instruments: Results of a survey among laparoscopic surgeons. *Journal of Laparoendoscopic and Advanced Surgical Techniques - Part A* 9, 6, 481–489.
- Van Veelen, M.A., Nederlof, E.A.L., Goossens, R.H.M., Schot, C.J. und Jakimowicz, J.J. 2003. Ergonomic problems encountered by the medical team related to products used for minimally invasive surgery. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 17, 7, 1077–1081.

- Vereczkei, A., Bubb, H. und Feussner, H. 2003. Laparoscopic surgery and ergonomics: It's time to think of ourselves as well. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 17, 10, 1680–1682.
- Vilos, G.A., Ternamian, A., Dempster, J., Laberge, Philippe Y., Vilos, G., Lefebvre, G., Allaire, C., Arneja, J., Birch, C., Dempsey, T., et al. 2007. Laparoscopic Entry: A Review of Techniques, Technologies, And Complications. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada* 29, 5, 433–447.
- De Vries, E.N., Ramrattan, M.A., Smorenburg, S.M., Gouma, D.J. und Boermeester, M.A. 2008. The incidence and nature of in-hospital adverse events: A systematic review. *Quality and Safety in Health Care* 17, 3, 216–223.
- Wagner, O.J., Hagen, M., Kurmann, A., Horgan, S., Candinas, D. und Vorburger, S.A. 2012. Three-dimensional vision enhances task performance independently of the surgical method. *Surgical Endoscopy* 26, 10, 2961–2968.
- Weigl, M., Stefan, P., Abhari, K., Wucherer, P., Fallavollita, P., Lazarovici, M., Weidert, S., Euler, E. und Catchpole, K. 2016. Intra-operative disruptions, surgeon's mental workload, and technical performance in a full-scale simulated procedure. *Surgical Endoscopy* 30, 2, 559–566.
- Weiser, T.G., Haynes, A.B., Molina, G., Lipsitz, S.R., Esquivel, M.M., Uribe-Leitz, T., Fu, R., Azad, T., Chao, T.E., Berry, W.R., et al. 2016. Size and distribution of the global volume of surgery in 2012. *Bulletin of the World Health Organization* 94, 3, 201–209.
- Wenzl, R., Pateisky, N. und Husslein, P. 1993. Erstmaliger Einsatz eines 3D-Videoendoskopes in der Gynäkologie. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde* 53, 11, 776–778.
- West, C.P., Dyrbye, L.N., Rabatin, J.T., Call, T.G., Davidson, J.H., Multari, A., Romanski, S.A., Henriksen Hellyer, J.M., Sloan, J.A. und Shanafelt, T.D. 2014. Intervention to promote physician well-being, job satisfaction, and professionalism a randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine* 174, 4, 527–533.
- Wetzel, C.M., Kneebone, R.L., Woloshynowych, M., Nestel, D., Moorthy, K., Kidd, J. und Darzi, A. 2006. The effects of stress on surgical performance. *American Journal of Surgery* 191, 1, 5–10.
- Wiegmann, D.A., ElBardissi, A.W., Dearani, J.A., Daly, R.C. und Sundt, T.M. 2007. Disruptions in surgical flow and their relationship to surgical errors: An exploratory investigation. *Surgery* 142, 5, 658–665.

- Wilson, M.R., Poolton, J.M., Malhotra, N., Ngo, K., Bright, E. und Masters, R.S.W. 2011. Development and validation of a surgical workload measure: The surgery task load index (SURG-TLX). *World Journal of Surgery* 35, 9, 1961–1969.
- Wright, J.D., Kostolias, A., Ananth, C. V., Burke, W.M., Tergas, A.I., Prendergast, E., Ramsey, S.D., Neugut, A.I. und Hershman, D.L. 2014. Comparative effectiveness of robotically assisted compared with laparoscopic adnexal surgery for benign gynecologic disease. *Obstetrics and Gynecology* 124, 5, 886–896.
- Yamamoto, A., Hara, T., Kikuchi, K., Hara, T. und Fujiwara, T. 1999. Intraoperative stress experienced by surgeons and assistants. *Ophthalmic Surgery and Lasers* 30, 1, 27–30.
- Yeola, M., Gode, D. und Bora, A. 2017. Evolution of Laparoscopy through the Ages. *International Journal of Recent Surgical and Medical Sciences* 03, 01, 040–047.
- Yu, D., Abdelrahman, A.M., Buckarma, E.H., Lowndes, B.R., Gas, B.L., Finnesgard, E.J., Abdelsattar, J.M., Pandian, T.K., El Khatib, M., Farley, D.R., et al. 2015. Mental and physical workloads in a competitive laparoscopic skills training environment: A pilot study. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 59th, 508–512.
- Yu, D., Lowndes, B., Thiels, C., Bingener, J., Abdelrahman, A., Lyons, R. und Hallbeck, S. 2016. Quantifying Intraoperative Workloads Across the Surgical Team Roles: Room for Better Balance? *World Journal of Surgery* 40, 7, 1565–1574.
- Yurko, Y.Y., Scerbo, M.W., Prabhu, A.S., Acker, C.E. und Stefanidis, D. 2010. Higher mental workload is associated with poorer laparoscopic performance as measured by the NASA-TLX tool. *Simulation in Healthcare* 5, 5, 267–271.
- Zhao, X., Lynch, J.G.J. und Chen, Q. 2010. Reconsidering Baron and Kenny: Myths and Truths about Mediation Analysis. *Journal of Consumer Research* 37, 2, 197–206.
- Zorrón, R., Filgueiras, M., Maggioni, L.C., Pombo, L., Lopes, G.C. und Lacerda, A.O. 2007. NOTES Transvaginal Cholecystectomy: Report of the First Case. *Surgical Innovation* 14, 4, 279–283.

## 5 Anhang

### 5.1 Studien-Fragebogen

Sehr geehrte Frau Kollegin, sehr geehrter Herr Kollege,

für die Durchführung einer wissenschaftlichen Studie zur **physiologischen und psychologischen Situation von chirurgischen Operateuren und Operateurinnen** sucht die Frauenklinik der Charité Berlin Studienteilnehmer/innen und lädt Sie hiermit herzlich zur Teilnahme an dieser Studie ein.

Operieren führt bei den Operateuren zu einer Erhöhung des Stresslevels und zu einer erhöhten physischen Belastung. Die Art und Dauer der Belastung ist je nach Operationszugang unterschiedlich.

Eine Analyse zur Zufriedenheit der Operateure mit dem Ziel Aussagen zu Verbesserungsmöglichkeiten zu treffen ist der Inhalt dieser Studie.

Befragt werden Operateure verschiedener Fachgebiete, die minimal-invasiv und offen operieren sowie roboterchirurgisch tätig sind.

Unter den Teilnehmern werden deutschlandweit zwei **iPad mini** verlost. Am Ende der Umfrage gelangen Sie zur Verlosung. Berücksichtigt werden nur jene Teilnehmer, welche die Studie vollständig bearbeitet haben.

Wir Danken Ihnen im Voraus herzlich für Ihre Teilnahme an der Studie!

Mit freundlichen Grüßen aus Berlin

Priv.-Doz. Dr. Mandy Mangler

#### STUDIENINFORMATIONEN

1. ZWECK DER STUDIE - Es handelt sich um die Analyse der physischen und psychischen Belastungs-Situation von Ärzten/Ärztinnen, welche chirurgisch tätig sind. Das Ziel der Studie ist es, die körperliche und geistige Belastung abzubilden, Gründe für diese Belastung zu finden und so Verbesserungsmöglichkeiten bei den unterschiedlichen Operationsmethoden zu erkennen.

2. ABLAUF DER STUDIE - Wir bitten Sie den Online-Fragebogen möglichst komplett auszufüllen. Auf dem Fragebogen finden sich keine direkten Daten zu Ihrer Person, so dass dieser anonym ausgewertet wird. Wir möchten hier darauf hinweisen, dass die Teilnahme an der Studie selbstverständlich vollkommen freiwillig ist. Die Umfrage sowie auch alle Fragen sind anonym. Ihre Teilnahme ist freiwillig und mit keinerlei Nachteilen verbunden, ebenso entstehen keine Nachteile aus einer Nichtteilnahme. Der Online-Dienstleister, über welchen die Antworten-Speicherung erfolgt, ist zertifiziert und Ihre IP-Adresse wird nicht gespeichert und es wird in keiner Form eine Nachverfolgung der Antworten und Ihrer Person möglich sein. Bitte beachten Sie, dass die Ergebnisse der Studie in der medizinischen Fachliteratur veröffentlicht werden können, wobei Ihre Identität jedoch absolut anonym bleibt. Sollten Sie einen Fragebogen per Post präferieren, so freuen wir uns über eine kurze Email. Wir werden Ihnen den Fragebogen und einen frankierten Rückumschlag so schnell wie möglich per Post zustellen.

3. FRAGERECHT - Jegliche Fragen gegenüber den Studienärztinnen über alle Angelegenheiten, welche die Studie betreffen, insbesondere auch über Risiken usw. richten Sie bitte gerne an: [surgeonstudy@charite.de](mailto:surgeonstudy@charite.de). Sollten Sie über die Ergebnisse nach Abschluss der Studie informiert werden wollen, so reicht eine kurze Email!

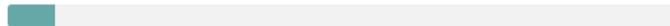
4. DATENSCHUTZ - Der Umfrageveranstalter verpflichtet sich Umfrageergebnisse und Teilnehmerdaten nicht Dritten zur Verfügung zu stellen.

SurveyMonkey stellt als Servicedienstleister und neutraler Dritter sicher, dass die IP-Adresse anonymisiert und nicht zuordenbar sind. Die IP-Adressen der Umfrageteilnehmer werden dem Umfrageveranstalter zu keinem Zeitpunkt zugänglich gemacht. Die Erfassung von IP-Adressen der Umfrageteilnehmer in serverseitigen System-Logfiles erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form. Zur sicheren Datenübertragung wird SSL - Secure Sockets Layer, ein hybrides Verschlüsselungsprotokoll, benutzt.

Der für die Umfrage Verantwortliche ist als datenverarbeitende Stelle für die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen verantwortlich und alle Studienmitarbeiter sind hinsichtlich des Datenschutzes geschult und zur Geheimhaltung verpflichtet. Die Ergebnisse der Befragung werden ausschließlich für das Thema der Umfrage verwendet.

5. HONORAR - Es wird keine Vergütung bezahlt.

6. STUDIENLEITUNG - Priv.-Doz. Dr. Mandy Mangler und Susanne Kreimer, Charitéplatz 1, 10117 Berlin, Telefon: 030 / 60 98 61 48 - Wir rufen gerne zurück!



Weiter

## EINVERSTÄNDISERKLÄRUNG ZUR DATENVERARBEITUNG

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass im Rahmen der Studie „Prospektive Befragung zur physiologischen und psychologischen Situation und Zufriedenheit der Operateure bei minimal-invasiven und offenen chirurgischen Eingriffen“, die von der wissenschaftlichen Einrichtung der Gynäkologie des Charité Campus Mitte durchgeführt wird, meine erhobenen Daten/Angaben verschlüsselt und auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet, verarbeitet und die anonymisierten Studienergebnisse veröffentlicht werden dürfen.

Ich habe die vorangehenden Studieninformationen verstanden und bin bereit unentgeltlich an der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen der o.g. Studie teilzunehmen.

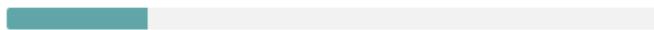


**Ich erkläre mich mit den oben gemachten Angaben einverstanden.**

**Bitte wählen Sie "JA" aus.**

JA

NEIN



Zurück

Weiter

\* Bitte geben Sie an, welche der folgenden OP-Verfahren Sie als Operateur/in in Ihrem Hause durchführen:

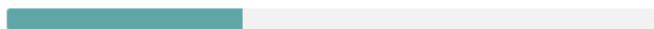
- Mehrfachnennung möglich -

Roboter-assistierte Operation (DaVinci)

Laparotomie

Laparoskopie

Laparoskopie 3D



Zurück

Weiter

Bitte geben Sie an, welches Operationsverfahren Sie im klinischen Alltag präferieren? 

Roboter-assistierte Operation (DaVinci)

Laparotomie

Laparoskopie

Laparoskopie 3D

Wie viele **Eingriffe** haben Sie als Operateur/in **insgesamt** mit dem jeweiligen OP-Verfahren bereits durchgeführt? 

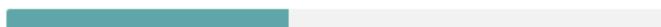
|   | 1-100                            | 101-200                          | 201-400                          | 401-600                          | > 600                            |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/>            |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/>            |
| Laparoskopie                            | <input checked="" type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/>            |

Bitte geben Sie Ihre **Zufriedenheit** mit dem jeweiligen OP-Verfahren an: 

|   | sehr unzufrieden | 0                     | 1                                | 2                                | 3                                | 4                                | 5                                | 6                                | 7                                | 8                                | 9                                | 10                               | sehr zufrieden |
|---|------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) |                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |                |
| Laparotomie                             |                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |                |
| Laparoskopie                            |                  | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |                |
| Laparoskopie 3D                         |                  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |                |

Bitte schätzen Sie Ihren **Spaß** an dem jeweiligen OP-Verfahren ein: 

|   | kein Spaß | 0                     | 1                                | 2                                | 3                                | 4                                | 5                                | 6                                | 7                                | 8                                | 9                                | 10                               | viel Spaß |
|---|-----------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) |           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |           |
| Laparotomie                             |           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |           |
| Laparoskopie                            |           | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |           |
| Laparoskopie 3D                         |           | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |           |



Zurück

Weiter

Wie stark ist die **Ablenkung im Operations-Saal** bei dem jeweiligen OP-Verfahren für Sie als Operateur/in? 

|   | sehr gering           | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr stark            |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Wie groß ist der **Zeitdruck** bei dem jeweiligen OP-Verfahren für Sie als Operateur/in? 

|   | sehr gering           | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr hoch             |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Wie schätzen Sie die **technische Komplexität** des jeweiligen OP-Verfahrens ein? 

|   | nicht komplex         | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr komplex          |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Wie hoch ist der **intraoperative Stress** bei dem jeweiligen OP-Verfahren für Sie als Operateur/in: 

|   | sehr gering           |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | sehr hoch             |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    |
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Wie **nehmen Sie den intraoperativen Stress** bei dem jeweiligen OP-Verfahren wahr: 

|   | sehr negativ          |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | sehr positiv          |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    |
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |



Zurück Weiter

Wie hoch ist die **durchschnittliche körperliche Belastung** bei dem jeweiligen OP-Verfahren für Sie als Operateur/in? 

|   | sehr gering           | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr hoch |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |           |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |           |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |           |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |           |

Bitte geben Sie an wodurch die körperlichen Belastung am ehesten bedingt ist:

- Mehrfachnennung möglich - 

- Tischhöhe
- Zwangshaltung
- Beleuchtung
- Hunger-/Durstgefühl
- Instrumentenbeschaffenheit
- Schuhwerk
- Bildschirmposition
- Operationsdauer
- Umgebungstemperatur
- Sonstiges (bitte angeben)

Haben oder hatten Sie bereits **körperliche Symptome** durch die physische Belastung Ihrer operativen Tätigkeit? 

- ja
- nein
- keine Antwort



Haben diese **körperlichen Symptome** schon einmal zu **intraoperativen Komplikationen** geführt? 

- ja  nein  keine Antwort

Wie häufig haben Sie **körperliche Symptome während oder nach** dem jeweiligen OP-Verfahren? 

|   | nie                   | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | immer                 | 10                    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Welche **körperlichen Symptome** haben oder hatten Sie?

(*Mehrfachnennung möglich*) 

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <input type="checkbox"/> Kopfschmerzen/Migräne      | <input type="checkbox"/> Beinschmerzen                 | <input type="checkbox"/> Magen-/Darmbeschwerden |
| <input type="checkbox"/> Nacken-/Schulterschmerzen  | <input type="checkbox"/> Parästhesien/Taubheitsgefühle | <input type="checkbox"/> Augenprobleme          |
| <input type="checkbox"/> Rückenschmerzen            | <input type="checkbox"/> Myalgien                      | <input type="checkbox"/> Tinnitus/Hörsturz      |
| <input type="checkbox"/> Armschmerzen               | <input type="checkbox"/> Tremor                        | <input type="checkbox"/> Schwindel              |
| <input type="checkbox"/> Hand-/Handgelenksschmerzen | <input type="checkbox"/> Herz-/Kreislaufprobleme       |   |

Sonstiges (bitte angeben)



Zurück

Weiter

Wie hoch ist die **psychische Belastung** bei dem jeweiligen OP-Verfahren für Sie als Operateur/in? 

|   | sehr gering           | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr hoch             |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Roboter-assistierte Operation (DaVinci) | <input type="radio"/> |
| Laparotomie                             | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie                            | <input type="radio"/> |
| Laparoskopie 3D                         | <input type="radio"/> |

Bitte geben Sie an wodurch die psychische Belastung am ehesten bedingt ist:

- Mehrfachnennung möglich - 

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> mangelhafte OP-Ausstattung    | <input type="checkbox"/> Arbeitszeiten               | <input type="checkbox"/> interne Koordination   |
| <input type="checkbox"/> unerfahrene (Tisch-)Assistenz | <input type="checkbox"/> Arbeitsbelastung            | <input type="checkbox"/> sachfremde Unterbrechungen (Telefon, etc.)                     |
| <input type="checkbox"/> Zeitdruck                     | <input type="checkbox"/> Schlafmangel/Müdigkeit      | <input type="checkbox"/> Trainings-/Ausbildungsstand entspricht nicht den Anforderungen |
| <input type="checkbox"/> Arbeitsatmosphäre             | <input type="checkbox"/> chirurgische Komplikationen |   |

Sonstiges (bitte angeben)

Haben oder hatten Sie bereits **psychische Symptome** durch die psychische Belastung Ihrer operativen Tätigkeit? 

- ja       nein       keine Antwort



Zurück

Weiter

Haben Sie durch diese **psychischen Symptome** bereits **chirurgische Komplikationen** erfahren? 

- ja       nein       keine Antwort

Welche **psychischen Symptome** haben bzw. hatten Sie?

- *Mehrfachnennung möglich* - 

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Erschöpfung/Müdigkeit     | <input type="checkbox"/> Schlafstörungen                                  |
| <input type="checkbox"/> Kraftlosigkeit            | <input type="checkbox"/> Lustlosigkeit                                    |
| <input type="checkbox"/> Depressionen              | <input type="checkbox"/> Gedächtnis-/Konzentrationsstörungen              |
| <input type="checkbox"/> Anspannung/Nervosität     | <input type="checkbox"/> Versagensgefühle                                 |
| <input type="checkbox"/> Reizbarkeit               | <input type="checkbox"/> vegetative Symptome (Schwitzen, Herzrasen, etc.) |
| <input type="checkbox"/> Sonstiges (bitte angeben) |   |



Zurück

Weiter

Bitte geben Sie Ihre **persönliche Zufriedenheit** mit .... an: 

|   | sehr<br>unzufrieden | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr<br>zufrieden |
|---|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Ihrer Leistung als Operateur/in                               |                     | <input type="radio"/> |                   |
| Ihrem Beruf im Allgemeinen                                    |                     | <input type="radio"/> |                   |
| dem deutschen Gesundheitssystem im Allgemeinen                |                     | <input type="radio"/> |                   |
| der Abbildung der Behandlungskosten im DRG-System             |                     | <input type="radio"/> |                   |
| Ihrem Lohn/Gehalt   |                     | <input type="radio"/> |                   |
| Ihrer Arbeit insgesamt, unter Berücksichtigung aller Umstände |                     | <input type="radio"/> |                   |

Wie hoch schätzen Sie die **psychische Belastung** Ihres Job als Arzt/Ärztin im Allgemeinen ein? 

| sehr<br>gering | 0                     | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | 10                    | sehr<br>hoch          |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                | <input type="radio"/> |



[Zurück](#) [Weiter](#)

Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an: 

- weiblich       männlich       keine Antwort

Bitte geben Sie Ihr Alter an: 

Bitte geben Sie Ihr Approbationsjahr an: 

Bitte geben Sie Ihre dominante Hand an: 

- linke Hand  
 rechte Hand  
 beidhändig

Bitte geben Sie Ihre Fachrichtung an:

*Mehrfachnennung möglich* 

- Allgemein Chirurgie  
 Gynäkologie/Geburtshilfe  
 Thoraxchirurgie  
 Urologie  
 Visceralchirurgie  
 Sonstiges (bitte angeben)

Bitte geben Sie Ihre Funktion an: 

- Assistenzarzt/ärztin  
 Facharzt/ärztin  
 Oberarzt/ärztin  
 leitende/r Oberarzt/ärztin  
 Chefarzt/ärztin  
 Klinikdirektor/in

Bitte geben Sie die Ihre durchschnittlichen **Arbeitsstunden** pro Tag an: 

- < 5 Stunden       5-8 Stunden       8-10 Stunden       10-12 Stunden       > 12 Stunden

Bitte geben Sie die **Anzahl an Wochenenden** an, an welchen Sie durchschnittlich im Monat arbeiten: 

- 1       2       3       4

Bitte geben Sie Ihre durchschnittliche **Anzahl an Überstunden pro Woche** an: 

- 1-4 Stunden     4-8 Stunden     8-12 Stunden     12-16 Stunden     16-20 Stunden  
 > 20 Stunden

Bitte geben Sie die Ihre durchschnittlichen **Operationsstunden** pro Tag an: 

- 0 Stunden     1-3 Stunden     3-6 Stunden     6-9 Stunden     > 9 Stunden

Bitte geben Sie Ihre ungefähre Anzahl an **krankheitsbedingten Fehltagen** im letzten Jahr an: 

- 0 Tage     1-5 Tage     5-10 Tage     10-15 Tage     > 15 Tage

Wie finanziert sich Ihr Krankenhaus? 

- privater Träger  
 öffentlicher Träger  
 freigemeinnütziger Träger  
 Sonstiges (bitte angeben)

Wie würden Sie die Auswirkung Ihrer ärztlichen Tätigkeit auf Ihr Privatleben beschreiben: 

- sehr negativ     negativ     neutral     positiv     sehr positiv

Bitte geben Sie Ihr Gewicht an: 

Bitte geben Sie Ihre Körpergröße an: 

An wie vielen Tagen pro Woche treiben Sie mindestens 30 Minuten Sport? 

- ich treibe keinen Sport  
 1-2x  
 3-4x  
 5-6x  
 > 6x

Bitte geben Sie Ihre Nationalität an: 

Beeinflussen ökonomische Erwägungen die Wahl des Operationsverfahrens? 

- ja       nein       keine Antwort

Sollten Sie die Arbeit an einem anderen Krankenhaus in Erwägung ziehen, ist die Möglichkeit der Roboterchirurgie für einen Wechsel für Sie persönlich... 

- nicht relevant.  
 mäßig relevant.  
 schon relevant.  
 sehr relevant.

Roboter-Chirurgie halten Sie persönlich für... 

- ein temporäres Phänomen.  
 einen unverzichtbaren Teil der Zukunft.  
 irrelevant für die Zukunft.

Bitte geben Sie an, ob ... 

in sehr geringem Maße 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    in sehr hohem Maße 10

Ihre Arbeit emotional fordernd ist:  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

Ihre Arbeit von Ihnen verlangt, dass Sie Ihre Gefühle verbergen:  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

Ihre Arbeit von Ihnen verlangt, sich mit Ihrer persönlichen Meinung zurück zu halten:  0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

Bitte geben Sie an, wie oft Sie im Laufe der letzten 12 Monate daran gedacht haben ... 

|                                     | nie                   | einige Male im Jahr   | einige Male im Monat  | einige Male in der Woche | jeden Tag             |
|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| ... Ihren Beruf aufzugeben:         | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> |
| ... Ihre Arbeitsstelle zu wechseln: | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>    | <input type="radio"/> |

Bitte geben Sie an, ob ... 

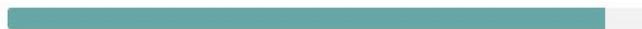
|   | nie 0                 | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | immer 10              |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ... Sie körperlich erschöpft sind:  | <input type="radio"/> |
| ... Sie emotional erschöpft sind:   | <input type="radio"/> |
| ... Sie sich ausgelaugt fühlen:   | <input type="radio"/> |
| ... Sie zur Arbeit kommen, obwohl Sie sich richtig krank und unwohl fühlen: | <input type="radio"/> |
| ... Sie in Ihrer Freizeit die Arbeit nicht vergessen können:                | <input type="radio"/> |

Wie oft treffen folgende Aussagen auf Sie zu? 

|   | nie 0                 | 1                     | 2                     | 3                     | 4                     | 5                     | 6                     | 7                     | 8                     | 9                     | immer 10              |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bei meiner Arbeit bin ich voller Energie. | <input type="radio"/> |
| Ich bin von meiner Arbeit begeistert.     | <input type="radio"/> |
| Ich gehe völlig in meiner Arbeit auf.     | <input type="radio"/> |

Denken Sie, dass **neue Technologien** Sie als Operateur/in in Zukunft überflüssig machen? 

- ja
- nein
- vielleicht



Haben Sie ganz herzlichen Dank für die Teilnahme an unserer Studie!

Sie möchten an der Verlosung der iPad mini teilnehmen, dann klicken Sie bitte **HIER**.

Sie haben Anregungen, Fragen, Wünsche oder Kritik?

Dann bitte melden Sie sich umgehen bei uns! Entweder per Email unter [surgeonstudy@charite.de](mailto:surgeonstudy@charite.de) oder telefonisch unter 030 / 60 98 61 48 - Wir rufen auch gerne zurück!

Mit freundlichen Grüßen aus Berlin

Priv.-Doz. Dr. Mandy Mangler



Zurück

Fertig

Abbildung 48 – Studienfragebogen

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Susanne Kreimer, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

**Intraoperative physische und psychische Belastung von Chirurgen und Chirurginnen bei offenen, laparoskopischen sowie roboter-assistierten Operationsverfahren**

**Intraoperative physical and psychological stress of surgeons during open, laparoscopic and robot-assisted surgical procedures**

selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum: 16. September 2022

Unterschrift: \_\_\_\_\_

## Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## Danksagung

Mein Dank gilt meiner Doktormutter PD Dr. Mandy Mangler. Sie stand mir stets bei allen Problemen sowie Fragen und Anmerkungen zur Seite. Auch scheute Sie sich nicht konstruktive Kritik zu üben, mir den nötigen Mut zum Zusammenstreichen und Kürzen vieler Textpassagen zuzusprechen und mit Verständnis und Geduld den Weg für diese Arbeit zu bereiten. Danke, Mandy, für die produktiven und lustigen Treffen im AVK! Ich werde diese und Dich vermissen.

Ich danke meinen langjährigen (Schul- und Uni-) Freundinnen, Cornelia, Tamara, Melanie, Christine, Franziska und Mala. Ein großes Dankeschön an Euch für die immerwährenden ermutigenden Telefonate und Nachrichten und die lieben digitalen und nicht-digitalen Worte! Es tat unendlich gut zu wissen, dass es Euch gibt und ihr mir bei allem den Rücken stärkt!

Auch möchte ich meinen Zweit-Eltern - Mima & Nunu, die besten Zwei-Eltern - die ich mir hätte wünschen können - danken! Ihr wart stets für mich da, hattet ein offenes Ohr und habt mich neben der seelischen Unterstützung auch immer mit den leckersten, italienischen Köstlichkeiten versorgt. Ich bin unendlich froh, dass es Euch gibt und uns der Zufall, oder vielleicht sogar das Schicksal, zusammengeführt hat.

Vor allem aber danke ich Max, meinem Partner, für die uneingeschränkte und kontinuierliche Unterstützung, die vielen aufmunternden und motivatorischen Worte und die immerwährende Großzügigkeit, mich bei allen großen und kleinen Herausforderungen zu unterstützen, welche sich im Zeitraum der Promotion ergaben. Danke, dass Du immer an mich glaubst und mich bei allem uneingeschränkt vorantreibst! Danke dafür, dass Du mit mir gelacht, geweint und getanzt hast und insbesondere dafür, dass Du mich (meist) ertragen hast! Ohne Dich, hätte ich diese Arbeit nicht realisieren können.

Und zu guter Letzt: Danke Mama! Danke Papa! Ich hoffe, dass - wo auch immer ihr zwei nun weilt - ihr stolz auf mich wäret.