

**Matched Pairs Analyse laparoskopische versus  
robotisch assistierte Proktokolektomien bei Polyposis  
Patienten (FAP, aFAP und MAP)**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades (Dr. med.)

der Medizinischen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

**Alina Anna Wasse**

aus Mechernich

2025

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Tim Vilz
2. Gutachter: Prof. Dr. Jörg Ellinger

Tag der Mündlichen Prüfung: 28.08.2025

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Einleitung .....</b>	<b>6</b>
2.1 Polyposis Syndrom .....	7
2.1.1 Symptome .....	8
2.1.2 Diagnostik.....	8
2.1.3 Therapie .....	9
2.2 Proktokolektomie .....	10
2.2.1 Laparoskopische Proktokolektomie.....	13
2.2.2 Robotische Proktokolektomie.....	13
2.3 Ziel der Analyse .....	14
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>15</b>
3.1 Datenakquisition .....	15
3.2 Statistische Methoden.....	16
3.3 Ethikvotum .....	17
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>18</b>
4.1 Patientenkollektiv und demographische Daten .....	18
4.2 Intraoperative Daten .....	20
4.2.1 Schnitt-Naht-Zeit (SNt).....	20
4.2.2 Blutverlust.....	21
4.3 Postoperative Daten .....	23
4.3.1 Liegedauer .....	23
4.3.2 Intensivstation-Liegedauer.....	25
4.3.3 Intermediate Care Station (IMC) -Liegedauer.....	26
4.3.4 Normalstation Liegedauer.....	28
4.3.5 Gesamtliegedauer.....	29
4.4 Postoperative Komplikationen .....	30
4.5 Konversion .....	31
4.6 Propensity Score Matching (PS-Matching).....	31
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>42</b>

5.1 Proktokolektomie bei Polyposis-Syndromen.....	42
5.1.1 Laparoskopische Proktokolektomie .....	43
5.1.2 Robotische Proktokolektomie .....	44
5.1.2.1 Schnitt-Naht Zeit .....	45
5.1.2.2 Blutverlust .....	46
5.1.2.3 Krankenhausverweildauer.....	47
5.1.2.4 Postoperative Komplikationen .....	48
5.1.2.5 Konversionen .....	49
5.2 Studienpopulation und Studiendesign .....	50
5.3 Fazit und Ausblick.....	51
<b>6. Zusammenfassung .....</b>	<b>52</b>
<b>7. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>54</b>
<b>8. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>55</b>
<b>9. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>56</b>
<b>10. Erklärung zum Eigenanteil.....</b>	<b>64</b>
<b>11. Danksagung .....</b>	<b>65</b>

## 1. Abkürzungsverzeichnis

aFAP	Attenuierte familiäre adenomatöse Polyposis
APC-Gen	Adenomatöses Polyposis Coli Gen
ASA	American Society of Anesthesiologists (Amerikanische Gesellschaft der Anästhesiologen)
BMI	Body-Mass-Index (Körpermasseindex)
D/C	Clavien-Dindo
FAP	Familiäre adenomatöse Polyposis
ICU	Intensive Care Unit (Intensivstation)
IMC	Intermediate Care (Intensivüberwachungspflege)
IPAA	Ileopouch-anale Anastomose
KRK	Kolorektales Karzinom
MAP	MUTHY-assoziierte Polyposis
PS-Matching	Propensity score Matching (Neigungswert-Abgleich)
QoL	Quality of Life (Lebensqualität)
RCT	Randomized Controlled Trial (Randomisierte kontrollierte Studie)
SNt	Schnitt-Naht-Zeit
IPAA	Ileum-Pouch-analer Anastomose

## 2. Einleitung

Polyposis-Syndrome sind vererbte Erkrankungen, die unbehandelt bereits in jungen Jahren zur Ausprägung eines Kolorektalkarzinoms (KRK) führen können. Die drei häufigsten und klinisch relevantesten Syndrome sind die Familiäre Adenomatöse Polyposis (FAP), die attenuierte Familiäre Adenomatöse Polyposis (aFAP) und die MUTYH-assoziierte Polyposis (MAP). Charakteristisch für diese Erkrankungen ist das Auftreten von multiplen Polypen mit hohem Entartungsrisiko (Half et al., 2009).

Der kurative Behandlungsansatz ist eine prophylaktische Operation, in Abhängigkeit der Erkrankung ist dies eine Resektion des Polypentragenden Darmanteils im Sinne einer Hemikolektomie, eine subtotale Kolektomie mit Ileorektostomie oder eine Proktokolektomie mit Ileum-Pouch-analer Anastomose (IPAA) (Campos, 2014).

Da es sich um prophylaktische Operationen bei meist jungen Patienten handelt, ist es notwendig, ein möglichst schonendes OP-Verfahren mit einer geringen Komplikationsrate zu wählen. Dies betrifft nicht nur die Komplikationen innerhalb des stationären Aufenthaltes (zum Beispiel Wundheilungsstörungen oder Anastomoseninsuffizienzen), sondern auch mögliche Probleme im langfristigen Verlauf (Ausbildung von Adhäsionen bis hin zum mechanischen Ileus, Narbenbrüche, Fertilitätsprobleme insbesondere bei weiblichen Patienten...). Aus diesem Grund hat sich in den letzten Jahren die minimalinvasive Technik, in Form der Laparoskopie, gegenüber der offenen Operation durchgesetzt. Dennoch ist auch diese Operationsmethode mit diversen intra- und postoperativen Komplikationen verbunden (Aelvoet et al., 2022; Baek et al., 2016).

Dank technischer Innovationen tritt aktuell die robotische Proktokolektomie, zur Behandlung von Polyposis-Syndromen, immer weiter in den Vordergrund. Erste Studien zeigen bereits vielversprechende Ergebnisse und deuten an, dass der robotische Ansatz mit einem geringeren Blutverlust, eine kürzere Krankenhausverweildauer und einer geringeren Konversionsrate verbunden ist. Damit stellt die robotische Proktokolektomie eine realistische Alternative verglichen des laparoskopischen Ansatzes, dar. Dennoch ist der Stellenwert des robotischen Verfahrens insbesondere bei den Proktokolektomien

gegenüber der laparoskopischen Methode noch nicht ausreichend untersucht worden (Flynn et al. 2021; Gebhardt et al., 2022; Prete et al. 2018).

Daher ist das Ziel dieser Analyse, die laparoskopische Proktokolektomie mit der robotisch-assistierten Proktokolektomie hinsichtlich diverser Outcome-Parameter (Operationszeit, Konversionsrate, Komplikationsrate, Krankenhausverweildauer auf Normal- und Überwachungsstationen, intraoperativer Blutverluste), zu untersuchen und zu evaluieren, von welcher Methode die Patienten am meisten profitieren.

## 2.1 Polyposis Syndrom

Bei der Familiären Adenomatösen Polyposis (FAP) handelt es sich um eine autosomal-dominante Erbkrankheit, die eine Keimbahnmutation im APC-Tumorsuppressorgen aufweist (Brosens et al., 2005; Giardiello et al., 2001) und durch das Auftreten von multiplen Polypen im Kolon und Rektum gekennzeichnet ist. Bei diesen Polypen handelt es sich histologisch um Adenome. In einem Alter von 10 bis 25 Jahren kommt es bei den Patienten zur Bildung von über hundert, zum Teil bis zu tausenden Polypen, die unbehandelt mit einem Entartungsrisiko von 100 % einhergehen. Die FAP hat eine Inzidenz von 1/8.300 bei Geburt (Reed und Neel, 1955), betrifft beide Geschlechter gleichermaßen und ist für 1 % aller kolorektalen Karzinome verantwortlich. In der Europäischen Union liegt die Prävalenz bei 1/11.300-37.600 (Half et al., 2009).

Eine mildere Variante der FAP ist die attenuierte Familiäre Adenomatöse Polyposis (aFAP), die durch ein späteres Auftreten der Polypen und deren geringerer Anzahl (meist <100) gekennzeichnet ist. Weiterhin treten bei der aFAP hauptsächlich die Polypen im Bereich des proximalen Kolons und nur selten im Rektum auf. Das Entartungsrisiko ist ebenfalls geringer, als bei der FAP (Half et al., 2009).

Bei einigen Polyposis-Patienten zeigt sich ein negativer APC-Mutations-Status. Stattdessen weisen diese Patienten eine autosomal-rezessive Erbkrankheit, die MUTYH-assoziierte Polyposis (MAP), auf. Die MAP, welche erstmals 2002 beschrieben wurde, (Al-Tassan et al., 2002) hat einen ähnlichen Phänotyp wie die FAP oder aFAP und ist durch eine Mutation des Basen-Exzisionsreparaturenzym MUTYH gekennzeichnet. Die Lokalisation in welcher die meisten Polypen bei der MAP zu finden sind ist insbesondere das rechte Hemikolon, wogegen Polypen im Rektum bei dieser

Erkrankung selten auftreten. Das Lebenszeitrisiko ein KRK zu entwickeln liegt bei unbehandelten MAP-Patienten zwischen 80-90 % (Aelvoet et al., 2022; Curia et al., 2020).

### 2.1.1 Symptome

Initial verlaufen die Polyposis-Syndrome asymptomatisch. Erst mit steigender Anzahl und Größe der Polypen treten fakultative Symptome, wie rektale Blutabgänge, chronische Anämie, Stuhlnregelmäßigkeiten, Gewichtsverlust, abdominellen Schmerzen und tastbare abdominelle Resistenzen auf. Wird die Erkrankung nicht behandelt kommt es zur Bildung eines kolorektalen Karzinoms (KRK). Bei der FAP tritt dies in einem durchschnittlichen Alter von 35 bis 40 Jahren auf, während bei der aFAP das Polypenwachstum und damit die Entstehung KRK verzögert ist und erst durchschnittlich in einem Alter von 55 Jahren auftreten (Dinarvand et al., 2019; Vasen et al., 2008). Das Risiko der Entwicklung eines KRK bei MAP-Patienten beträgt 48 %, in einem Alter von unter 60 Jahren (Curia et al., 2020).

Bei mehr als 70 % der Patienten kommt es gleichzeitig zur Ausprägung von extraintestinalen Manifestationen, wie z.B. Osteomen, kongenitale Hypertrophien des retinalen Pigments (CHRPE) oder Desmoidtumoren. Außerdem besteht eine Koinzidenz mit Tumoren außerhalb des Kolons und Rektums (Tumore der Schilddrüse, Leber, Gallengänge, des Duodenums und zentralen Nervensystems). Begleitend kann es zu Zahnveränderungen kommen, wie z.B. eine kongenitale Hypo- oder Hyperdontie, odontogene Zysten und Odontome (Dinarvand et al., 2019).

### 2.1.2 Diagnostik

Standardmäßig wird bei Polyposis-Patienten initial eine ausführliche Familienanamnese evaluiert. Gesichert wird die Diagnose durch eine APC- und MUTYH-Mutationsanalyse.

Bei Patienten mit einem dieser drei Polyposis-Syndrome wird empfohlen, in regelmäßigen Abständen, Screening Untersuchungen durchzuführen (z.B. Koloskopie, Sigmoidoskopie und Ösophagogastroduodenoskopie), die frühzeitig das Auftreten von Adenomen und Karzinomen erfassen sollen (Syngal et al., 2015).

### 2.1.3 Therapie

Um der Entwicklung eines KRK vorzubeugen unterzieht man die Patienten bereits in jungen Jahren einer prophylaktischen Proktokolektomie mit Ileum-Pouch-analer Anastomose (IPAA). Der operative Ansatz stellt dabei die einzige Möglichkeit einer kurativen Behandlungsoption dar (Syngal et al., 2015). Der Zeitpunkt der Operation ist hierbei gemäß der britischen Leitlinie bei Patienten in Vorsorgeprogrammen von verschiedenen Punkten abhängig (s. Tabelle 1)

**Tab. 1:** OP-Indikation, Quelle: Monahan et al., 2020

Relative OP-Indikation	Absolute OP-Indikation
Polypen > 10 mm	Malignomverdacht oder Nachweis
Hochgradige Dysplasien	Symptome durch die Polyposis
Anstieg der Polypenlast zwischen den Screeninguntersuchungen	

Diese Tabelle beschreibt die absoluten und relativen OP-Indikationen bei einem Polyposis-Syndrom.

Hierbei bleiben allerdings gewisse Punkte unberücksichtigt, die ebenfalls in die Entscheidungsfindung einfließen sollten. Dies wären

- » Auswirkungen des OP-Zeitpunktes auf den Kinderwunsch
- » Soziales Umfeld
- » Beruflicher Stand
- » Emotionaler Entwicklungsstand
- » Auftreten der Polyposis, eines Karzinoms oder FAP-assoziiertes Mortalitätsrisiko bei Angehörigen
- » Individuelles Desmoidrisiko
- » Compliance hinsichtlich Vorsorge

Letztlich sollte die Entscheidungsfindung zur Operation unter Berücksichtigung all dieser Punkte erfolgen, nach interdisziplinärer Diskussion zwischen Humangenetikern, Gastroenterologen sowie Viszeralchirurgen sowie unter Einbezug des Patienten und Berücksichtigung des Patientenwunsches.

## 2.2 Proktokolektomie

Da die Patienten mit einer FAP, aFAP oder MAP in jungen Jahren behandelt werden müssen und es sich bei der Therapie um eine prophylaktische Operation an einem funktionierenden Organ handelt, sind an diese Operation hohe Erwartungen geknüpft. Von daher sollte bei der Indikationsstellung und der durchzuführenden Operation verschiedene Punkte berücksichtigt werden.

**Tab. 2:** Durchgeführte Operationen, Quelle: Monahan et al., 2020

Durchgeführte OP	Indikation	Benefit	Ptifalls
Ileorektale Anastomose	< 20 Rektumadenome	Sichere Behandlung der Kolonpolyposis	Im Verlauf vermutlich Re-OP + IPAA sowie erhöhtem Desmoidrisiko
	< 500 Kolonadenome	Raschere Erholung, bessere Darmfunktion und Quality of Life (QoL)	Risiko für Entwicklung eines Rektum-CA (ca. 1,6-10%)
	Rektumadenome < 5 mm bzw. endoskopisch kontrollierbar	Kein Stoma	
		Fertilität der Patienten entspricht dem Niveau der Normalbevölkerung	
Proktokolektomie mit IPAA (ileopouch-aneale Anastomose)	> 20 Rektumadenome	Sichere Entfernung aller Polypen ohne dauerhaftes Stoma	Komplexe OP
	> 500 Kolonadenome	QoL zufriedenstellend	Nicht vorhersehbare Darmfunktion / QoL / Fertilität
	Endoskopisch nicht kontrollierbare Rektumpolyposis	Bei schlechter Compliance hinsichtlich Vorsorge sinnvoll	Pouch-Komplikationen (Pouch-Polyposis, Langzeit-Komplikationen, Malignom im Pouch)
Abd.-perineale Proktokolektomie mit permanentem Ileostoma	Rektum-Ca des unteren Drittels	Sichere Entfernung aller Polypen mit niedrigem Malignomrisiko	Permanentes Stoma
	Reduzierte Sphinkter-Funktion		Deutlich reduzierte QoL und Sexualfunktion

Diese Tabelle beschreibt unterschiedliche operative Ansätze zur Behandlung der kolorektalen Polyposis und Rektumkarzinomen. Für jede Operation sind Indikationen, der zu erwartende Vorteil (Benefit) oder Nachteil (Pitfalls) aufgeführt.

Da im Rahmen der Dissertationsarbeit insbesondere die Proktokolektomie untersucht wurde, wird auf die anderen OP-Techniken nicht weiter eingegangen. Zusammenfassend erfolgt bei der Proktokolektomie eine totale Kolektomie mit Rektumresektion. Die Rekonstruktion der Nahrungspassage erfolgt durch Anlage eines Ileumpouches mit Ileum-pouch-analer Anastomose sowie häufig auch die Anlage eines protektiven doppelläufigen Ileostomas (Kartheuser et al., 2006). Ziel ist es das gesamte betroffene Gewebe zu entfernen, bis auf einen kurzen Rektum-Cuff, der erhalten bleibt, um die Sphinkterfunktion und damit die Kontinenz der Patienten zu erhalten (Fazio et al., 1995; Sheedy et al., 2019). Außerdem bleibt bei dieser Technik die Beckenbodenmuskulatur intakt, was ebenfalls für eine normale Sphinkterfunktion essentiell ist (Kartheuser et al., 2006). Für die Konstruktion eines Stuhlreservoirs wird am häufigsten der J-Pouch verwendet, der schnell zu konstruieren ist, gut in die Konkavität des Sacrums passt, eine gute Reservoirkapazität hat (ca. 400 ml) und eine geringe Rate an Langzeitkomplikationen aufweist (Fazio et al., 1995). Bei der Konstruktion eines J-Pouches werden zwei Dünndarmschlingen über eine Seit-zu-Seit Anastomose miteinander verbunden. Der J-Pouch wird dann mittels Seit-zu-End Anastomose mit dem Analkanal verbunden (Sagar und Taylor, 1994).

Es gibt diverse Kurz- und Langzeitkomplikationen die im Rahmen dieser Operation auftreten können. Einige dieser Komplikationen sind z.B. Dünndarmileus (10-15 %), Pouchitits (0-10 %) (Dalal et al., 2018), Anastomoseninsuffizienz (0-9 %) (Kartheuser et al., 2006), Infektionen im Beckenbereich, Fisteln, Portalvenenthrombosen und eine verminderte Fertilität bei Frauen (Ng et al., 2019; Ørding et al., 2002). Insgesamt beträgt die Mortalität dieser Operation 0-1 %, wobei die Komplikationsrate bei 10-25 % liegt (Baek et al., 2016; Barton et al., 2001; Fazio et al., 1995; Kartheuser et al., 1996; Kartheuser et al. 2006).

Auch nach einer prophylaktischen Proktokolektomie mit IPAA besteht weiterhin das Risiko der Entwicklung von Polypen in der verbleibenden Mucosa. Dieses Risiko beträgt bei guter Indikationsstellung und ausgewählten Patienten (s. Tabelle 1) unter 2 %

(Bülow, 2003, Church, 1996). Daher wird empfohlen bei diesen Patienten weiterhin ein regelmäßiges Monitoring, in Form von endoskopischen Untersuchungen des Pouches und der Anastomosen im Analkanal, durchzuführen, um die Entwicklung von Polypen frühzeitig zu erkennen und gleichzeitig intervenieren zu können.

Da diese Operation insbesondere junge Patienten betrifft, ist ein gutes funktionelles sowie ästhetisches Ergebnis, eine rasche Wiedereingliederung in das Berufs- und Sozialleben sowie das Vermeiden von Langzeitproblemen essentiell. Weiterhin werden möglichst geringe Schmerzen und keine bzw. geringe funktionelle Einschränkungen erwartet. Dafür sind möglichst atraumatische und minimalinvasive Operationstechniken notwendig (Kartheuser et al., 2006).

### 2.2.1 Laparoskopische Proktokolektomie

Ein Ansatz einer möglichst atraumatischen und minimalinvasiven Technik ist die laparoskopische Proktokolektomie. Dieses Verfahren hat sich in den letzten Jahren hinsichtlich postoperativer Erholungs- und Krankenhausverweildauer, Blutverlust, abdomineller Schmerzen sowie dem Auftreten postoperativer Komplikationen gegenüber der offenen Operation durchgesetzt (Baek et al., 2016; Flynn et al., 2021; Kartheuser et al., 2006). Die Grenzen dieser minimalinvasiven Technik sind insbesondere die unflexiblen Instrumente, die das Operieren in engen Bereichen erschweren (Flynn et al., 2021). Dies betrifft vor allem den tief im Becken gelegenen distalen Rektumanteil (das untere Rektumdr Drittel), insbesondere beim adipösen männlichen Patienten.

### 2.2.2 Robotische Proktokolektomie

Die robotische Proktokolektomie mittels des Da Vinci® Xi Systems stellt ein alternatives minimalinvasives Operationsverfahren dar. Aus der Rektumchirurgie wird immer wieder postuliert, dass es beim robotischen Operieren im Vergleich mit dem laparoskopischen Operieren zu einem geringeren Blutverlust kommt, eine kürzere Krankenhausverweildauer sowie eine geringere Konversionsrate resultiert (Anderson und Grucela 2022, de'Angelis et al. 2024, Gahunia et al. 2025, Marciel et al. 2014, Polat et al. 2019, Prete et al. 2018). Insbesondere die hochauflösende dreidimensionale Optik

und ein präziseres Arbeiten durch abwinkelbare Instrumente mit bis zu sieben Freiheitsgraden sowie die Tremorreduktion erweisen sich vorteilhaft, woraus ein gewebeschonenderes Operieren resultieren soll. (Stoffels et al., 2020) Dies ist insbesondere im Becken mit vielen eng benachbarten und wichtigen Strukturen (Nn. Hypogastrici, Prostata, Blutgefäße etc.) von großem Vorteil. (Calabrese et al., 2025) Als Grenzen dieser Operationstechnik wird häufig die längere Operationsdauer, die fehlende Haptik und insbesondere der limitierte Arbeitsbereich in zwei Quadranten im Abdomen angegeben (Arensmeyer et al. 2023, Flynn et al., 2021; Prete et al., 2018)

### 2.3 Ziel der Analyse

Es ist bekannt, dass minimalinvasive Proktokolektomien verglichen mit offenen Proktokolektomien im Hinblick auf Krankenhausverweildauer, Blutverlust und postoperative Komplikationen überlegen sind (s. Abs. 1.2.1; Baek et al., 2016; Flynn et al., 2021; Kartheuser et al., 2006). Noch nicht ausreichend untersucht ist jedoch der Stellenwert des robotischen Verfahrens gegenüber der laparoskopischen Methode, im Hinblick der genannten Punkte.

Daher erfolgt im Rahmen dieser Dissertation ein Vergleich der beiden minimalinvasiven Techniken. Es wird die Roboter - assistierte minimalinvasive Proktokolektomie + Ileum-Pouch-analer Anastomose (IPAA) mit der konventionellen minimalinvasiven Proktokolektomie verglichen, bei Patienten/-innen mit FAP, aFAP und MAP.

Wir beziehen uns dabei auf ein gemischt männliches und weibliches Patientenkollektiv, der Universitätsklinik Bonn, die hinsichtlich ihrer demographischen Daten entsprechend zugeordnet werden. Die Patientendaten werden im Zuge der Dissertation retrospektiv erhoben. Der Fokus liegt dabei auf der Operationszeit (SNt), Konversionsrate, Liegedauer auf Normal- und Überwachungsstationen, Komplikationsrate (z.B. Anastomoseninsuffizienz, Reoperation) und dem intraoperativen Blutverlust.

Hinsichtlich dieser Outcome-Parameter werden wir untersuchen, welche Methode für den Patienten ein geringeres intra- und postoperatives Risiko mit sich bringt und von welchem Verfahren die Patienten am meisten profitieren.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Datenakquisition

Die Datenakquisition erfolgte über das Krankenhausinformationssystem ORBIS, in welchem die entsprechenden Arztbriefe, OP-Berichte, Anästhesie-Protokolle, Freitexte, Dekurse, DRG-Codierungen und OPS-Prozeduren einsehbar waren. Aus diesen Dokumenten wurden demografische Daten, wie Alter und Geschlecht der Patienten erfasst. Außerdem konnten aus den Anästhesie-Protokollen Informationen zu Körpergröße/-gewicht, Body-mass-Index, ASA und Blutverlust akquiriert werden. Die Informationen zu den OP-Zeiten, wie Schnitt-Naht-Zeit und speziell für den Operationsroboter, Dockingzeit, Konsolenzeit, Roboterassistierter Teil sowie operative Maßnahmen, konnten mittels der OP-Protokolle erfasst werden. Daran war auch ersichtlich, ob eine primär laparoskopisch oder robotisch geplante Operation im Verlauf auf ein offenes Verfahren konvertiert werden musste. Ob eine Stomanlage erfolgte oder nicht, war ebenfalls anhand der OP-Protokolle nachvollziehbar. Mittels der Arztbriefe konnte die Verweildauer der Patienten im Krankenhaus erfasst werden. Diese wurden nochmals nach der postoperativen Liegedauer auf der Normalstation, der Intensivstation und der Intermediate care station (IMC) sowie der Gesamtliegedauer, aufgeschlüsselt. Der Mutationstyp und die Wiederaufnahmerate konnten ebenfalls anhand der Arztbriefe nachvollzogen werden. Komplikationen, die in Zusammenhang mit der durchgeführten Operation auftraten, wurden mithilfe der Clavien-Dindo-Klassifikation eingeordnet. Der Schweregrad innerhalb dieser Klassifikation bezieht sich auf die Behandlungsmöglichkeiten, die eingesetzt werden, um die verschiedenen Komplikationen zu therapieren. Dabei unterscheidet man, je nach Schwere der therapeutischen Intervention, zwischen Grad I bis V (s. Tabelle 3), wobei Grad V den Tod des Patienten zur Folge hat (Dindo et al., 2004).

**Tab. 3:** Clavien-Dindo Klassifikation, Quelle: Dindo et al., 2004

Postoperative Komplikationen – nach Clavien Dindo	
Grad	Definition
Grad I	Jede Abweichung vom normalen postoperativen Verlauf ohne Notwendigkeit einer pharmakologischen, operativen, endoskopischen oder radiologischen Intervention. Erlaubtes therapeutisches Regime: Medikamente wie Antiemetika, Antipyretika, Diuretika, Elektrolyte und Physiotherapie. Dieser Grad beinhaltet ebenfalls die Therapie infizierter Wunden am Patientenbett.
Grad II	Bedarf an medikamentöser Behandlung mit nicht unter Grad I angeführten Medikamenten inkl. parenteraler Ernährung und Bluttransfusionen
Grad III	Komplikationen mit chirurgischen, endoskopischen oder radiologischem Interventionsbedarf
Grad IIIa	Ohne Vollnarkose
Grad IIIb	Mit Vollnarkose
Grad IV	Lebensbedrohliche Komplikationen (einschließlich ZNS-Komplikationen)*, die intensivmedizinische Behandlung verlangen
Grad IVa	Dysfunktion eines Organs (inkl. Dialyse)
Grad IVb	Dysfunktion multipler Organe
Grad V	Tod des Patienten
* Hirnblutungen, ischämischer Insult, Subarachnoidalblutung, jedoch exklusive TIA	

In dieser Tabelle ist Clavien-Dindo-Klassifikation postoperativer Komplikationen dargestellt, wie Sie von Dindo et al. Im Jahr 2004 veröffentlicht wurde. Diese Klassifikation dient dazu, postoperative Komplikationen objektiv und standardisiert nach Ihrer Schwere zu bewerten und teilt sich in fünf Hauptgrade auf.

### 3.2 Statistische Methoden

Die Datenerfassung erfolgte mithilfe von Microsoft® Excel (Version 16.54). Für die statistische Auswertung und Erstellung der Grafiken wurde das IBM® SPSS® Statistics (Version 27) verwendet. Dabei wurden 14 Patienten zu der Gruppe gezählt, die jeweils durch das Da Vinci ® Xi System operiert wurden und 29 Patienten zu der Gruppe, die wiederum laparoskopisch operiert wurden.

Zu Beginn erfolgte die deskriptive Datenanalyse, welche aus den statistischen Kenngrößen der absoluten und relativen Häufigkeit, Modus, Median, Maximum, Minimum, Mittelwert und der Standardabweichung, bestand. Grafisch wurden die Daten durch Boxplots dargestellt.

Da aufgrund der kleinen Stichprobenanzahl die Annahmen für den T-Test für unabhängige Stichproben und für den Chi-Quadrat Test nicht erfüllt waren, wurde für ordinal und metrisch skalierte Daten der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Für dichotome Variablen wurde der exakte Test nach Fisher angewendet. Ein Unterschied konnte als signifikant betrachtet werden, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$  erfüllt war.

Um zu überprüfen, ob Confounder einen Einfluss auf unsere Resultate haben wurde zusätzlich eine Sensitivitätsanalyse im Kontext eines 1:1 Propensity Score Matching durchgeführt, mit einer Abgleichstoleranz von 0,1. Zugeordnet wurden die Patienten anhand ihres BMIs, Alters, Geschlecht und ASA. Ausgeschlossen wurde bei dem PS-Matching ein Patient, der aufgrund seines Alters von 13 Jahren keinen adäquat vergleichbaren BMI bot. Dadurch ergab sich ein neues Patientenkollektiv aus jeweils 14 Patienten je Gruppe, die nun entsprechend anhand der oben genannten Prädiktoren zugeordnet waren. Dieses neu generierte Patientenkollektiv wurde ebenfalls deskriptiv analysiert und mittels der bereits genannten Hypothesentests ausgewertet. Dies sollte einen Hinweis darauf geben, ob die Unterschiede zwischen den Gruppen, bzgl. der Outcome-Parameter, durch die Confounder beeinflusst werden oder nicht.

### 3.3 Ethikvotum

Die Genehmigung der durchgeführten retrospektiven Analyse wurde von Seiten der Ethik-Kommission, der Rheinischen-Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn, erteilt (Lfd. Nr. 082/21). Da es sich um ein retrospektives Studiendesign handelte, konnte die Datenakquisition anhand der klinikinternen Dokumente, wie beispielsweise Arztbriefe, nach Rücksprache mit der Ethik-Kommission, ohne das Patienteneinverständnis erfolgen. Daher konnte auf eine schriftliche Einverständniserklärung verzichtet werden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Patientenkollektiv und demographische Daten

Im Zeitraum vom 07.2010 bis zum 05.2021 stellten sich in der viszeralchirurgischen Ambulanz insgesamt 43 Patienten vor, bei denen entweder eine FAP, aFAP oder MAP humangenetisch diagnostiziert wurde. Darunter befanden sich 22 Männer und 21 Frauen im Alter von 13 bis 64 Jahren. Diese Patienten wurden in prophylaktischer Intention zur Proktokolektomie geplant. Dabei wurden 29 Patienten laparoskopisch und 14 Patienten mittels des Da Vinci® Xi Systems operiert. Von den 29 Patienten der laparoskopischen Gruppe („lap“-Gruppe) waren 13 (44,8 %) weiblich und 16 (55,2 %) männlich, im Alter von 13 bis 64 Jahren. In der robotischen Gruppe („rob“-Gruppe) befanden sich wiederum 8 weibliche (57,1 %) und 6 männliche (42,9 %) Patienten, im Alter von 18 bis 61 Jahren.

**Tab. 4:** Demographische Daten

	Laparoskopische Proktokolektomie (n=29)	Robotische Proktokolektomie (n=14)	p-Wert
Männliches Geschlecht	16 (55,2 %)	6 (42,9 %)	0,526
Alter [Jahre]	34,4 ±13,1	31,8 ±13,7	0,444
Körpergröße [cm]	171,7 ±11,9	171,9 ± 11	0,805
Körpergewicht [kg]	67,7 ±20,3	67,4 ±21,1	0,688
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	23,3 ± 5,1	22,4 ± 5,4	0,436
ASA			0,448
1	6 (20,7 %)	5 (35,7 %)	
2	22 (75,9 %)	8 (57,1 %)	
3	1 (3,4 %)	1 (7,1 %)	

In dieser Tabelle werden die demographischen Daten zwischen den Studienteilnehmern der laparoskopischen sowie robotischen Gruppe dargestellt. Dabei zeigen die p-Werte, dass es hinsichtlich der genannten Daten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen gibt.

Das Durchschnittsalter der laparoskopisch operierten Patienten lag bei 34,4 Jahren (SD: ± 13,1 Jahre), mit einem maximalen Alter von 64 Jahren und einem minimalen Alter von 13 Jahren. Im Vergleich dazu lag das Durchschnittsalter der robotisch operierten

Patienten bei 31,8 Jahren (SD:  $\pm 13,7$  Jahre), mit einem maximalen Alter von 61 Jahren und einem minimalen Alter von 18 Jahren.

Die durchschnittliche Körpergröße der laparoskopisch operierten Patienten lag bei 171,7 cm (SD:  $\pm 11,9$  cm), mit einer minimalen Körpergröße von 146 cm sowie einer maximalen Körpergröße von 196 cm. Das durchschnittliche Körpergewicht in dieser Gruppe betrug 69,7 kg (SD:  $\pm 20,3$  kg), bei einem mittleren BMI von  $23,3 \text{ kg/m}^2$  (SD:  $\pm 5,1 \text{ kg/m}^2$ ). Das maximale Körpergewicht betrug 128 kg, mit einem maximalen BMI von  $41 \text{ kg/m}^2$ . Das minimale Körpergewicht wiederum lag bei 34 kg, mit einem minimalen BMI von  $16 \text{ kg/m}^2$ .

Die Patienten der „rob“-Gruppe waren im Durchschnitt 171,9 cm (SD:  $\pm 11,0$  cm) groß, mit einer maximalen Körpergröße von 187 cm. Die geringste Körpergröße lag bei 155 cm. Das durchschnittliche Körpergewicht in dieser Gruppe betrug 67,4 kg (SD:  $\pm 21,1$  kg), bei einem mittleren BMI von  $22,4 \text{ kg/m}^2$  (SD:  $\pm 5,4 \text{ kg/m}^2$ ). Das maximale Körpergewicht lag bei 112 kg, mit einem maximalen BMI von  $35 \text{ kg/m}^2$ , wogegen das minimale Körpergewicht 35 kg betrug, mit einem minimalen BMI von  $15 \text{ kg/m}^2$ .

Das perioperative Risiko der Patienten wurde anhand der Klassifikation der *American Society of Anesthesiologists* (ASA) eingeschätzt. Dabei werden 6 ASA-Klassen voneinander unterschieden, wobei ASA-Klasse 1 das geringste perioperative Risiko darstellt und der Patient als gesund gilt. Je höher die ASA-Klasse für einen Patienten angegeben wird, desto schwerer sind die Vorerkrankungen und dementsprechend das perioperative Risiko des Patienten.

Dabei gab es in der „lap“-Gruppe 6 Patientin mit einer ASA-Klasse von 1 (20,7 %), 22 Patienten mit einer ASA-Klasse von 2 (75,9 %) und 3 Patienten mit einer ASA-Klasse von 3 (3,4 %). Demgegenüber gab es in der „rob“-Gruppe 5 Patienten der ASA-Klasse 1 (35,7 %), 8 Patienten der ASA-Klasse 2 (57,1 %) und 1 Patient der ASA-Klasse 1 (7,1 %).

Bezüglich der Körpergröße, des Alters, des BMIs, der ASA-Klassifikation sowie der Geschlechterverteilung gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Ein Überblick der demographischen Daten ist in Tabelle 4 dargestellt.

## 4.2 Intraoperative Daten

### 4.2.1 Schnitt-Naht-Zeit (SNT)

Die Operationsdauer wurde anhand der Schnitt-Naht-Zeit (SNT) verglichen. In der Gruppe der laparoskopisch operierten Patienten betrug die durchschnittliche SNT 382,6 Minuten (SD  $\pm$  94,7 Minuten), bei einer minimalen Dauer von 259 Minuten und maximalen SNT von 595 Minuten.

Im Gegensatz dazu dauerte das robotische Verfahren, mit einer durchschnittlichen SNT von 497,7 Minuten (SD:  $\pm$  92,8 Minuten) länger als das laparoskopische Verfahren. Dabei betrug die minimale SNT 359 Minuten sowie die maximale SNT 711 Minuten.

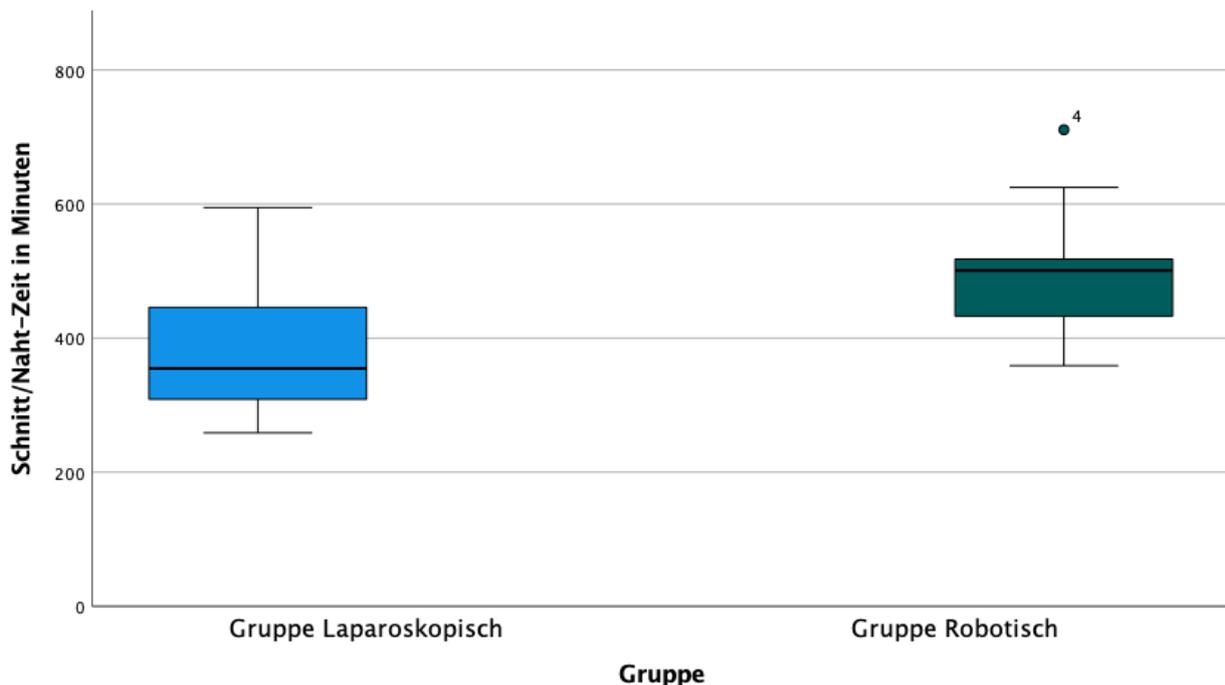
Dieser Unterschied konnte mittels des Mann-Whitney-U-Test als statistisch signifikant nachgewiesen werden ( $z = -3,344$ ,  $p < 0,001$ ), mit einer Effektstärke von 0,51.

Die SNT ist in der Tabelle 5 dargestellt. Abbildung 1 stellt die Ergebnisse graphisch dar.

**Tab. 5:** Schnitt/Naht-Zeit der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe

Schnitt/Naht-Zeit [Minuten]		„lap“-Gruppe	„rob“-Gruppe
N	Gültig	29	14
	Fehlend	0	0
Mittelwert		382,6	497,7
Median		355	501
Standardabweichung		94,7	92,8
Minimum		259	359
Maximum		595	711

In dieser Tabelle ist die Schnitt/Naht-Zeit im Vergleich beider Gruppen mit den Daten der zugehörigen deskriptiven Analyse aufgeführt.



**Abb. 1:** Vergleich der Schnitt/Naht-Zeit in Minuten

Verglichen wird die Zeit zwischen dem Hautschnitt als Startpunkt der OP und der Hautnaht als definiertes OP-Ende. Laparoskopische Proktokolektomien gehen mit einer kürzeren OP-Zeit einher als robotische Proktokolektomien ( $382,6 \pm 94,7$  min. vs.  $497,7 \pm 92,8$  min;  $p < 0,001$ )

#### 4.2.2 Blutverlust

Die Detektion relevanter Blutverlust erfolgte während der Operation anhand der Blutmenge der Absaugereinheit und wurde anschließend über die Anästhesie-Protokolle dokumentiert. Da in einigen dieser Protokolle keine Information über den Blutverlust dokumentiert wurde, konnte für 9 Patienten aus der „lap“-Gruppe und 1 Patient aus der „rob“-Gruppe keine Daten ermittelt werden.

Der durchschnittliche Blutverlust in der „lap“-Gruppe betrug 292,5 ml (SD:  $\pm 288$  ml), mit einem maximalen Blutverlust von 1200 ml sowie einem minimalen Blutverlust von 0 ml.

In der „rob“-Gruppe zeigte sich im Schnitt ein geringerer Blutverlust, verglichen mit der „lap“-Gruppe. Dieser betrug durchschnittliche 15,4 ml (SD:  $\pm 31,5$  ml), mit einem maximalen Blutverlust von 100 ml. Der minimale Blutverlust wurde auch hier näherungsweise mit 0 ml angegeben.

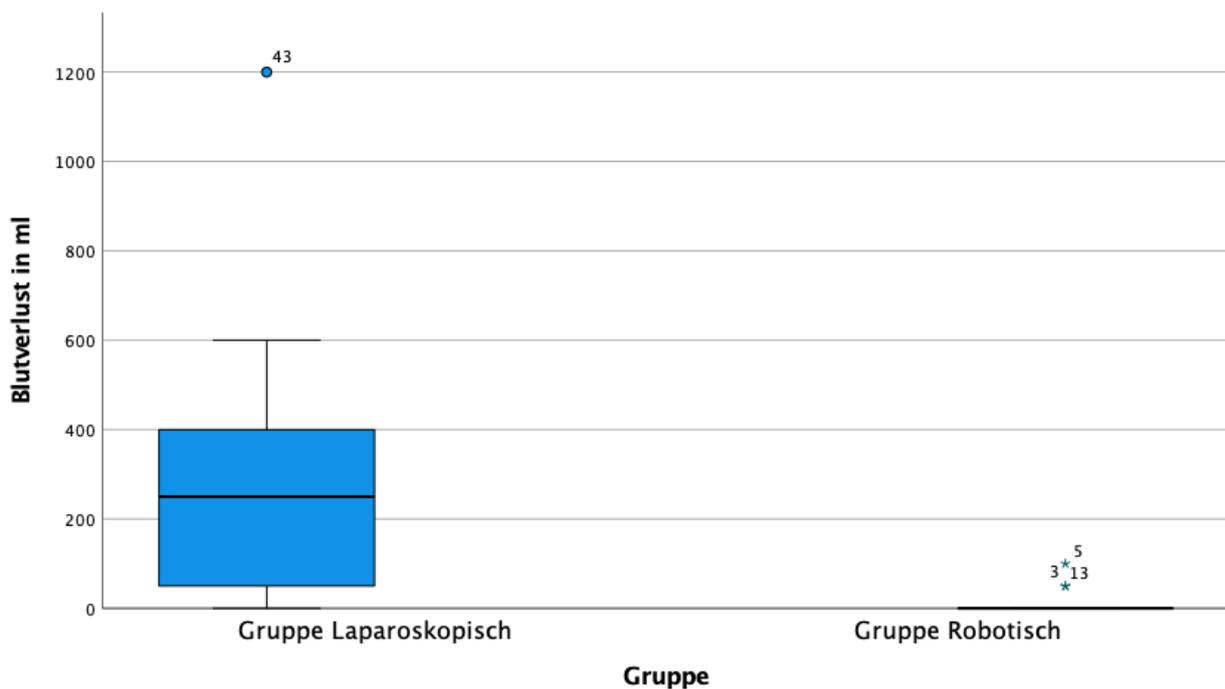
Dieser Unterschied konnte mittels des Mann-Whitney-U-Test als statistisch signifikant nachgewiesen werden ( $z = -3,592$ ,  $p < 0,001$ ), mit einer Effektstärke von 0,63.

Ein Überblick des Blutverlustes ist in der Tabelle 6 abgebildet. Abbildung 2 stellt die Ergebnisse graphisch dar.

**Tab. 6:** Blutverlust der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe

Blutverlust [ml]	„lap“-Gruppe	„rob“-Gruppe
N	20	13
Gültig		
Fehlend	9	1
Mittelwert	292,5	15,5
Median	250	0
Standardabweichung	288	31,5
Minimum	0	0
Maximum	1200	100

In dieser Tabelle ist der Blutverlust im Vergleich beider Gruppen mit den Daten der zugehörigen deskriptiven Analyse aufgeführt.



**Abb. 2:** Vergleich des Blutverlustes in Millilitern

Verglichen wird der intraoperativ gemessene Blutverlust. Laparoskopische Proktokolektomien gehen hierbei mit einem vergleichsweise höheren Blutverlust einher als robotische Proktokolektomien ( $292,5 \pm 288$  ml vs.  $15,5 \pm 31,5$  ml;  $p < 0,001$ )

### 4.3 Postoperative Daten

#### 4.3.1 Liegedauer

Bei der Analyse der postoperativen Verweildauer wurden folgende Punkte analysiert:

- Liegedauer auf der Intensivstation (ICU Liegedauer)
- Liegedauer auf der Intermediate Care Station / Wachstation
- Liegedauer auf der Normalstation
- Gesamtliegedauer

Ein Überblick der Ergebnisse ist in Tabelle 7 – 8 dargestellt.

**Tab. 7:** Postoperative Liegedauer der „lap“-Gruppe

		ICU- Liegedauer [Tage]	IMC- Liegedauer [Tage]	Normalstation- Liegedauer in [Tage]	Gesamtliegedauer [Tage]
N	Gültig	29	29	29	29
	Fehlend	0	0	0	0
Mittelwert		0,6	2,1	16,0	18,6
Median		0	1	14	16
Standardabweichung		1,9	4,3	5,8	8,5
Minimum		0	0	6	8
Maximum		10	20	30	44

In dieser Tabelle ist die Liegedauer auf der Intensivstation (ICU), Intermediate Care Station (IMC), Normalstation sowie die Gesamtliegedauer der laparoskopischen Gruppe mit den Daten der zugehörigen deskriptiven Analyse aufgeführt.

**Tab. 8:** Postoperative Liegedauer der „rob“-Gruppe

	ICU- Liegedauer [Tage]	IMC- Liegedauer [Tage]	Normalstation- Liegedauer [Tage]	Gesamtliegedauer [Tage]
N				
Gültig	14	14	14	14
Fehlend	0	0	0	0
Mittelwert	0,4	0,5	14,4	15,4
Median	0	0	9,5	10,5
Standardabweichung	0,9	0,9	10,7	10,9
Minimum	0	0	7	8
Maximum	3	3	47	47

In dieser Tabelle ist die Liegedauer auf der Intensivstation (ICU), Intermediate Care Station (IMC), Normalstation sowie die Gesamtliegedauer der robotischen Gruppe mit den Daten der zugehörigen deskriptiven Analyse aufgeführt.

Aufgrund intraoperativer Besonderheiten oder postoperativer Komplikationen war bei einigen Patienten zeitweilig eine Behandlung auf einer Überwachungsstation (IMC oder ICU) indiziert. In der „lap“-Gruppe war dies bei 21 Patienten (72,4 %) notwendig, wogegen 8 Patienten (27,6 %) regulär auf der Normalstation ihren postoperativen Krankenhausaufenthalt verbracht haben.

Demgegenüber war bei 6 Patienten (42,9 %) der „rob“-Gruppe eine Überwachung erforderlich. 8 Patienten (57,1 %) dieser Gruppe konnten regulär auf der Normalstation betreut werden.

Dieser Unterschied zeigte sich mittels des exakten Tests nach Fisher als nicht statistisch signifikant ( $p = 0,093$ ).

Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 9 beschrieben.

**Tab. 9:** Überwachung (ICU oder IMC) der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe

Überwachung (ICU oder IMC)		„lap“-Gruppe		„rob“-Gruppe	
		Häufigkeit	Prozent [%]	Häufigkeit	Prozent [%]
Gültig	nein	8	27,6	8	57,1
	ja	21	72,4	6	42,9
	Gesamt	29	100	14	100

In dieser Tabelle ist die Anzahl sowie der prozentuale Anteil der Patienten aus der laparoskopischen und robotischen Gruppe aufgeführt die eine postoperative Überwachung entweder auf der IMC-Station oder der ICU-Station benötigten.

#### 4.3.2 Intensivstation-Liegedauer

Bei 6 Patienten (20,7 %) der „lap“-Gruppe war postoperativ ein ICU-Aufenthalt indiziert. Die durchschnittliche Liegedauer betrug 0,6 Tage (SD:  $\pm 1,9$  Tage), mit einer Höchstdauer von 10 Tagen. Bei 23 Patienten (79,3 %) war kein ICU-Aufenthalt notwendig.

Im Vergleich dazu war in der „rob“-Gruppe für 3 Patienten (21,4 %) ein ICU-Aufenthalt indiziert. Durchschnittlich 0,4 Tage (SD:  $\pm 0,9$  Tage) verbrachten die Patienten auf der ICU, mit einer maximalen Liegedauer von 3 Tagen. Für 11 Patienten (78,6 %) war kein ICU-Aufenthalt notwendig.

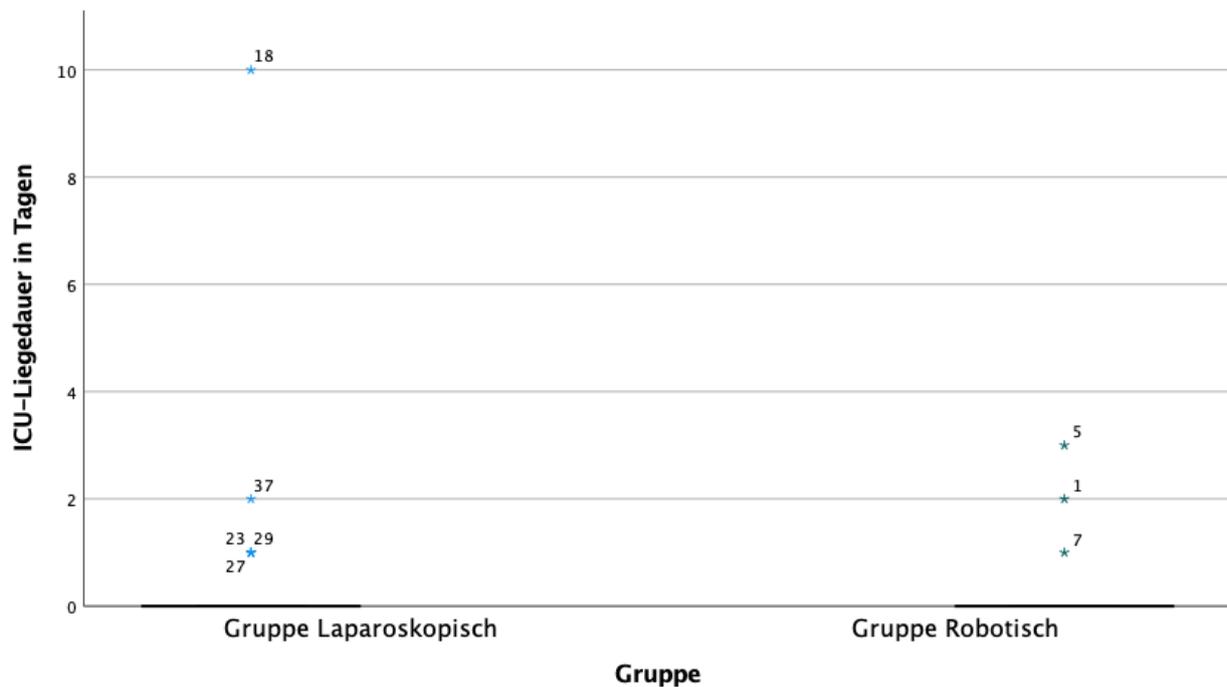
Dieser Unterschied, bezüglich der durchschnittlichen Liegedauer, zeigte sich mittels des Mann-Whitney-U-Test als nicht statistisch signifikant ( $z = -0,146$ ,  $p = 0,884$ )

Ein Überblick der Ergebnisse ist in Tabelle 10 abgebildet sowie in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

**Tab. 10:** ICU-Aufenthalt der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe

ICU-Aufenthalt		„lap“-Gruppe		„rob“-Gruppe	
		Häufigkeit	Prozent [%]	Häufigkeit	Prozent [%]
Gültig	nein	23	79,3	11	78,6
	ja	6	20,7	3	21,4
	Gesamt	29	100	14	100

In dieser Tabelle ist die Anzahl sowie der prozentuale Anteil der Patienten aus der laparoskopischen und robotischen Gruppe aufgeführt die eine postoperative Überwachung auf der Intensivstation (ICU) benötigten.



**Abb. 3:** Vergleich der Liegedauer auf der Intensivstation (ICU) in Tagen

Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Intensivstation (ICU). Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $0,6 \pm 1,9$  Tage vs.  $0,4 \pm 0,9$  Tage;  $p = 0,884$ )

#### 4.3.3 Intermediate Care Station (IMC) -Liegedauer

Ein Aufenthalt auf der IMC war bei 19 Patienten (65,5 %) aus der „lap“-Gruppe notwendig, mit einer durchschnittlichen Liegedauer von 2,1 Tagen (SD:  $\pm 4,3$ ). Der maximale Aufenthalt auf der IMC betrug dabei 20 Tage. Für 10 Patienten (34,5 %) war eine Überwachung auf der IMC nicht erforderlich.

Demgegenüber war bei 5 Patienten (35,7 %) der „rob“-Gruppe ein IMC-Aufenthalt indiziert. Die durchschnittliche Liegedauer betrug 0,5 Tage (SD:  $\pm 0,9$  Tage), mit einem Maximum von 3 Tagen. 9 Patienten (64,3 %) dieser Gruppe benötigten keine postoperative Überwachung auf der IMC.

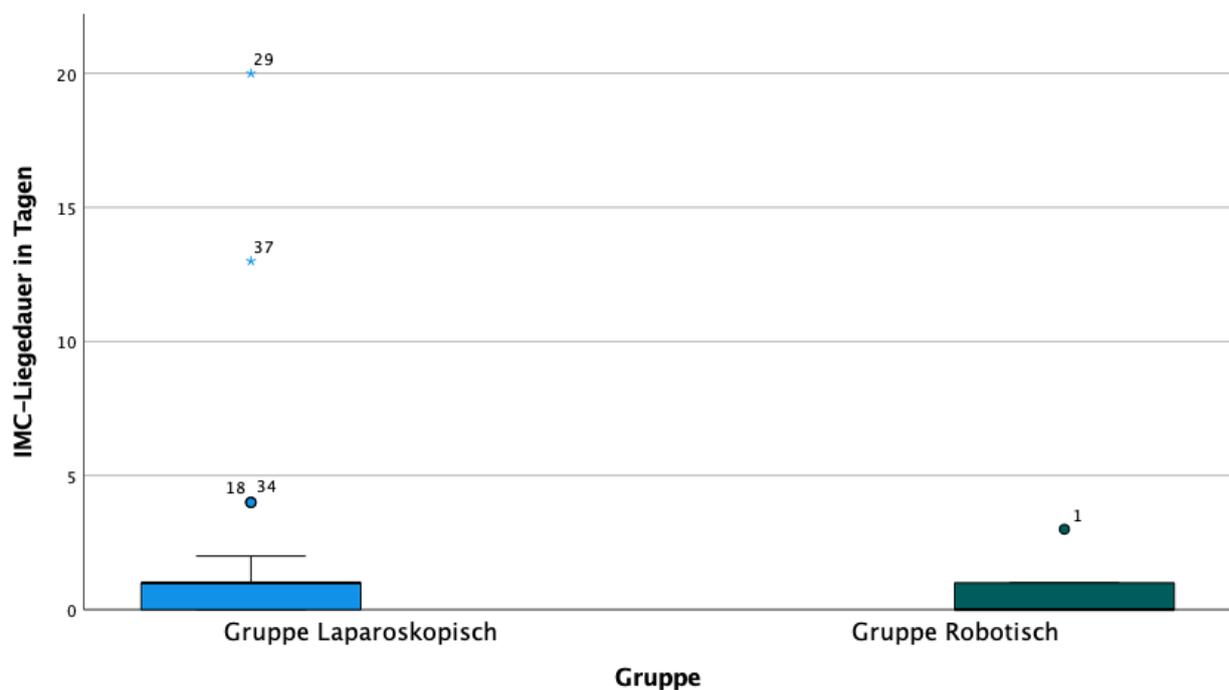
Dieser Unterschied, bezüglich der durchschnittlichen Liegedauer, zeigte sich mittels des Mann-Whitney-U-Test als nicht statistisch signifikant ( $z = -1,954$ ,  $p = 0,051$ ).

Diese Ergebnisse sind in Tabelle 11 und Abbildung 4 dargestellt.

**Tab. 11:** IMC-Aufenthalt der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe

IMC-Aufenthalt		„lap“-Gruppe		„rob“-Gruppe	
		Häufigkeit	Prozent [%]	Häufigkeit	Prozent [%]
Gültig	nein	10	34,5	9	64,3
	ja	19	65,5	5	35,7
	Gesamt	29	100	14	100

In dieser Tabelle ist die Anzahl sowie der prozentuale Anteil der Patienten aus der laparoskopischen und robotischen Gruppe aufgeführt die eine postoperative Überwachung auf der Intermediate Care Station (IMC) benötigten.

**Abb. 4:** Vergleich der Liegedauer auf der Intermediate care station (IMC) in Tagen

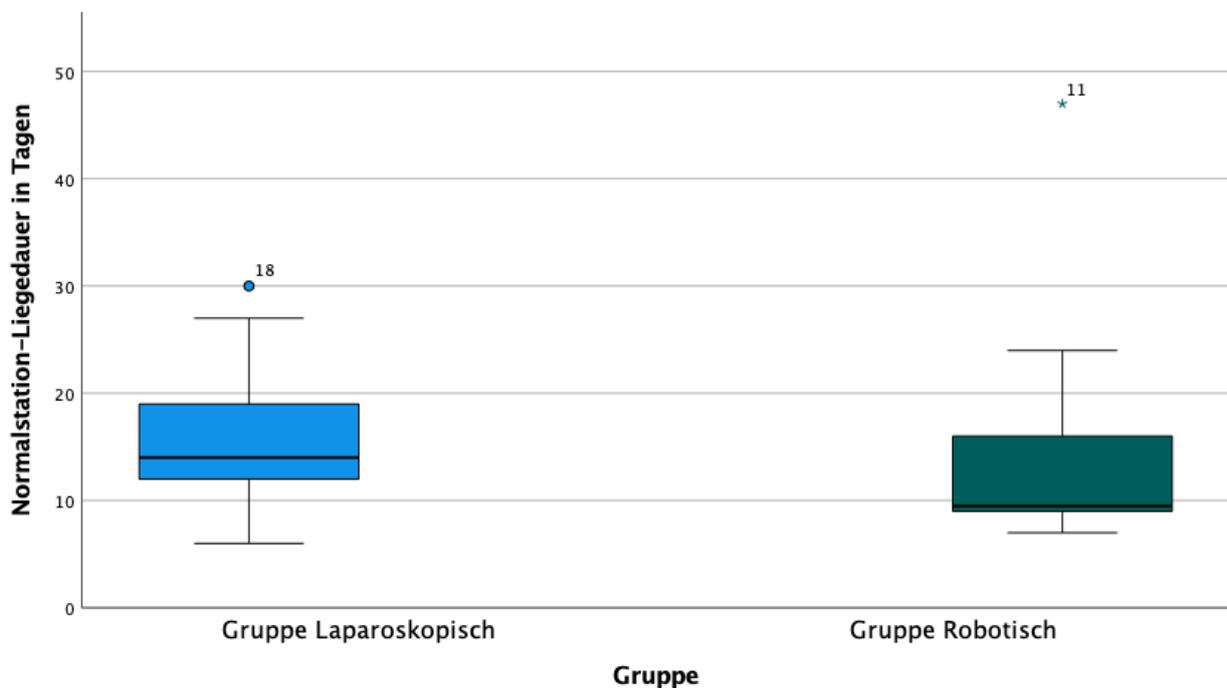
Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Intermediate Care Station (IMC). Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $2,1 \pm 4,3$  Tage vs.  $0,5 \pm 0,9$  Tage;  $p = 0,051$ )

#### 4.3.4 Normalstation Liegedauer

Der postoperative Aufenthalt auf der Normalstation betrug für die Patienten der „lap“-Gruppe durchschnittlich 16 Tage (SD.  $\pm 5,8$  Tage), mit einer maximalen Liegedauer von 30 Tagen. Die kürzeste Liegedauer betrug dabei 6 Tage.

Im Gegensatz dazu verbrachten die Patienten der „rob“-Gruppe durchschnittlich 14,4 Tage (SD:  $\pm 10,7$  Tage) auf der Normalstation, mit einer maximalen Liegedauer von 47 Tagen. Dagegen belief sich die geringste Liegedauer auf 7 Tage (s. Abbildung 5).

Dieser Unterschied konnte mittels des Mann-Whitney-U-Test als statistisch signifikant nachgewiesen werden ( $z = -2,118$ ,  $p = 0,034$ ), mit einer Effektstärke von 0,32.



**Abb. 5:** Vergleich der Liegedauer auf der Normalstation in Tagen

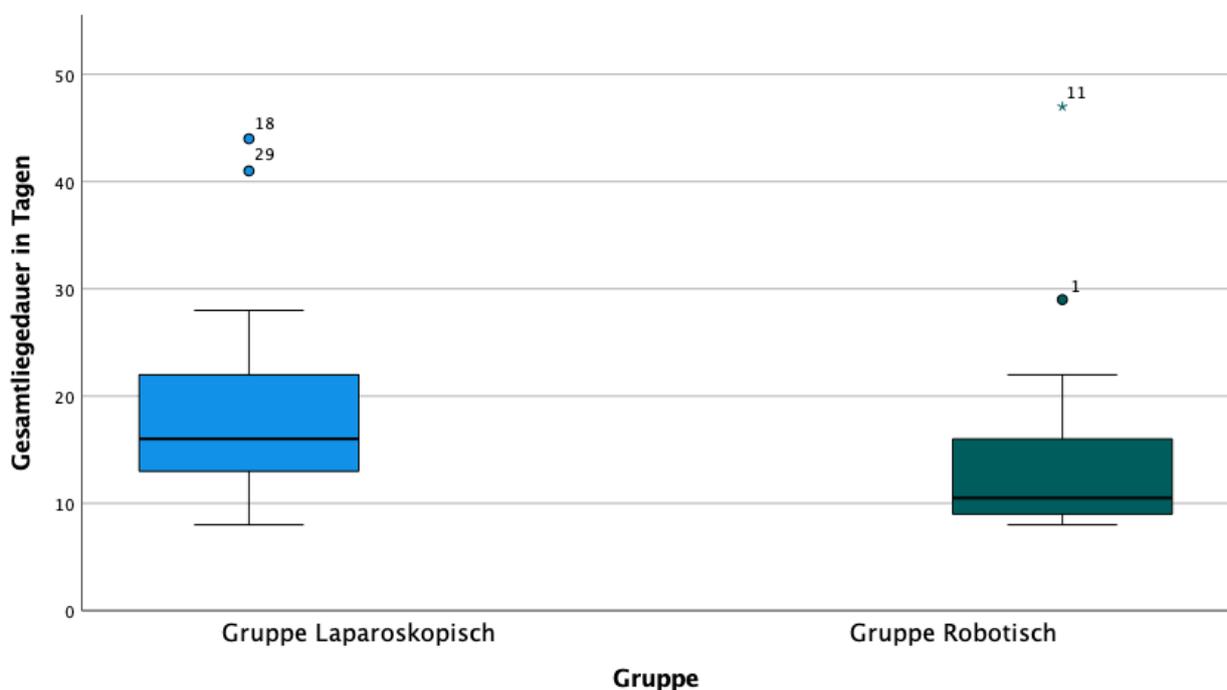
Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Normalstation. Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten hierbei eine signifikant längere Liegedauer ( $16 \pm 5,8$  Tage vs.  $14,4 \pm 10,7$  Tage;  $p = 0,034$ )

#### 4.3.5 Gesamtliegedauer

Die postoperative Gesamtliegedauer betrug für die „lap“-Gruppe durchschnittlich 18,6 Tage (SD:  $\pm 8,5$  Tage), mit einer maximalen Liegedauer von 44 Tage. Der kürzeste Aufenthalt in dieser Gruppe umfasste 8 Tage.

Demgegenüber konnten die Patienten der „rob“-Gruppe durchschnittlich früher entlassen werden. Im Schnitt betrug der Gesamtaufenthalt dieser Gruppe 15,4 Tage (SD:  $\pm 10,9$  Tage), mit einer maximalen Liegedauer von 47 Tagen sowie einer minimalen Liegedauer von 8 Tagen (s. Abbildung 6).

Dieser Unterschied konnte mittels des Mann-Whitney-U-Test als statistisch signifikant nachgewiesen werden ( $z = -2,168$ ,  $p = 0,030$ ), mit einer Effektstärke von 0,33.



**Abb. 6:** Vergleich der Gesamtliegedauer in Tagen

Verglichen wird die gesamte postoperative Dauer des Aufenthalts im Krankenhaus unabhängig von der Station. Laparoskopische Proktokolektomien zeigten im Vergleich zu robotische Proktokolektomien eine signifikant längere Liegedauer ( $18,6 \pm 8,5$  Tage vs.  $15,4 \pm 10,9$  Tage;  $p = 0,030$ )

#### 4.4 Postoperative Komplikationen

Die postoperativen Komplikationen wurden mittels der Clavien-Dindo (D/C) Klassifikation erfasst.

In der „lap“-Gruppe gab es 6 Patienten (20,7 %) die lediglich eine geringe Abweichung vom postoperativen Verlauf, im Sinne eines Grad I nach D/C, aufwiesen. Bei dem Großteil dieser Gruppe, insgesamt 14 Patienten (48,3 %), bestand die Notwendigkeit der erweiterten medikamentösen Therapie, aufgrund diverser Komplikationen, mit Medikamenten die nicht zu Grad I gezählt werden (Grad II). Eine interventionelle Therapie ohne Vollnarkose war bei 4 Patienten (13,8 %) notwendig (Grad IIIa). 5 Patienten (17,2 %) benötigten wiederum eine Vollnarkose während der Intervention (Grad IIIb).

Im Vergleich dazu wies der Großteil der „rob“-Gruppe, insgesamt 8 Patienten (57,1 %), lediglich eine geringe Abweichung vom postoperativen Verlauf auf (Grad I). 3 Patienten (21,4 %) benötigten eine medikamentöse Therapie, die über die erlaubten Medikamente von Grad I hinausgingen (Grad II). Eine interventionelle Therapie mit Vollnarkose war ebenfalls bei 3 Patienten (21,4 %) indiziert (Grad IIIb).

Eine Komplikation im Sinne eines D/C Grad IV oder V trat in keiner der beiden Gruppen auf.

Dieser Unterschied zeigte sich mittels des Mann-Whitney-U-Test als nicht statistisch signifikant ( $z = -1,656$ ,  $p = 0,098$ ).

Hinsichtlich schwerwiegender Komplikationen ergibt sich mittels des exakten Tests nach Fisher kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,720$ ).

Diese Ergebnisse sind in Tabelle 12 abgebildet.

**Tab. 12:** Clavien-Dindo-Grad

Clavien-Dindo Klassifikation	Laparoskopische Proktokolektomie (n=29)	Robotische Proktokolektomie (n=14)
I	6 (20,7 %)	8 (57,1 %)
II	14 (48,3 %)	3 (21,4 %)
IIIa	4 (13,8 %)	0
IIIb	5 (17,2 %)	3 (21,4 %)
Schwerwiegende Komplikationen ( $\geq$ IIIa)	9 (31 %)	3 (21,4 %)

In dieser Tabelle sind die Anzahl sowie der prozentuale Anteil der Patienten mit postoperativen Komplikationen nach der Clavien-Dindo-Klassifikation aufgeführt. Dabei wird in dieser Tabelle die laparoskopische und robotische Gruppe verglichen.

#### 4.5 Konversion

Die Notwendigkeit einer Konversion bestand dann, wenn die Operation aufgrund unerwarteter intraoperativer Ereignisse nicht, wie ursprünglich geplant, mit dem minimalinvasiven Verfahren fortgesetzt bzw. beendet werden konnte. Ein Grund der eine Konversion verlangte war z.B. intraoperative Blutungen, die durch das aktuell angewandte Verfahren nicht ausreichend kontrolliert werden konnten.

In der „lap“-Gruppe war bei 4 Patienten (13,8 %) eine Konversion auf ein offenes Verfahren erforderlich. Bei 25 Patienten (86,2 %) konnte die Operation wie geplant minimalinvasiv durchgeführt und beendet werden.

Im Gegensatz dazu war in der „rob“-Gruppe bei lediglich 1 Patienten (7,1 %) eine Konversion notwendig, wogen bei den restlichen 13 Patienten (92,9 %) die Operation planmäßig verlief.

Dieser Unterschied zeigte sich mittels des exakten Tests nach Fisher als nicht statistisch signifikant ( $p = 0,999$ ).

#### 4.6 Propensity Score Matching (PS-Matching)

Nach Durchführung der 1:1 Sensitivitätsanalyse (PS-Matching), ergab sich eine neu generierte Stichprobe, mit einer Gruppengröße von jeweils 14 Patienten pro Gruppe.

Da in der robotischen Gruppe alle Patienten inkludiert wurden, änderte sich an den demographischen Daten sowie an der deskriptiven Statistik nichts. Daher verweise ich, hinsichtlich dieser Gruppe, auf die beschriebenen Ergebnisse in den vorherigen Abschnitten (Abs. 3.1 – 3.6.).

**Tab. 13:** Demographische Daten PS-Matching

	Laparoskopische Proktokolektomie (n=14)	Robotische Proktokolektomie (n=14)	p-Wert
Männliches Geschlecht	7 (50 %)	6 (42,9 %)	0,999
Alter [Jahre]	36,6 ±13,7	31,8 ±13,7	0,306
Körpergröße [cm]	170,1 ± 8,7	171,9 ± 11	0,475
Körpergewicht [kg]	67 ±15,1	67,4 ±21,1	0,695
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	23 ± 3,6	22,4 ± 5,4	0,420
ASA			0,275
1	2 (14,3 %)	5 (35,7 %)	
2	11 (78,6 %)	8 (57,1 %)	
3	1 (7,1 %)	1 (7,1 %)	

In dieser Tabelle werden die demographischen Daten zwischen den Studienteilnehmern der laparoskopischen sowie robotischen Gruppe nach dem Propensity Score Matching dargestellt. Dabei zeigen die p-Werte, dass es hinsichtlich der genannten Daten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen gibt.

Die neue „lap“-Gruppe bestand nun aus 7 Männern (50 %) und 7 Frauen (50 %), in einem durchschnittlichen Alter von 36,6 Jahren (SD: ± 13,7 Jahre). Der Altersumfang dieser Gruppe reichte von 18 Jahren bis 64 Jahren.

Das durchschnittliche Körpergewicht betrug 67 kg (SD: ± 15,1 kg), mit einem Maximum von 94 kg sowie einem Minimum von 45 kg. Der BMI reichte von 17 kg/m<sup>2</sup> bis 30 kg/m<sup>2</sup>, bei einem mittlerer BMI von 23 kg/m<sup>2</sup> (SD: ± 3,6 kg/m<sup>2</sup>).

Die Patienten dieser Gruppe waren im Durchschnitt 170,1 cm (SD: ± 8,7 cm) groß. Dabei betrug die maximale Körpergröße 184 cm, wogegen die minimale Körpergröße sich auf 151 cm belief.

Das perioperative Risiko (ASA) zeigte bei 2 Patienten (14,3 %) ein ASA-Klasse von 1. Der Großteil dieser Gruppe, insgesamt 11 Patienten (78,6 %), wies eine ASA-Klasse

von 2 auf. Lediglich 1 Patient (7,1 %) zeigte ein perioperatives Risiko, dass als ASA-Klasse 3 eingestuft wurde.

Bezüglich der Körpergröße, des Alters, des BMIs, der ASA-Klassifikation sowie der Geschlechterverteilung gab es auch in dieser neu generierten Stichprobe keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

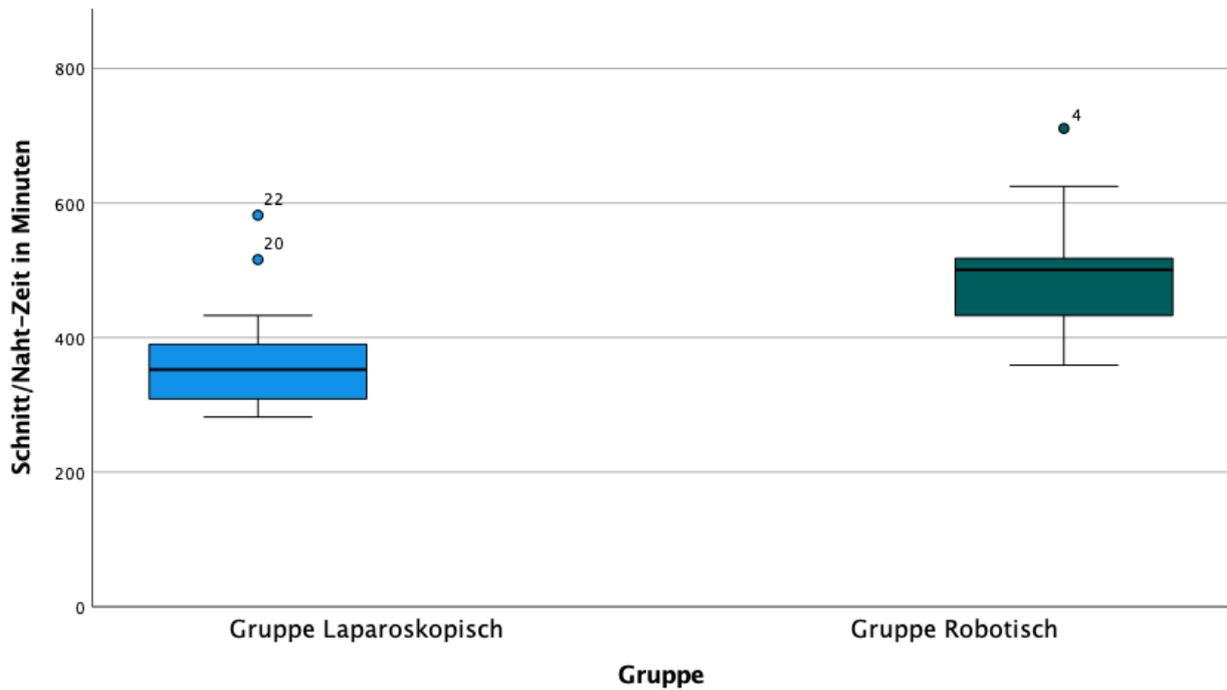
Ein Überblick der Ergebnisse zeigt Tabelle 13.

Die Operationsdauer (SNt) in der neu generierten „lap“-Gruppe war weiterhin geringer, als das robotische Verfahren und betrug im Schnitt 367,6 Minuten (SD:  $\pm 88,9$  Minuten). Dabei lag die maximale SNt bei 582 Minuten. Die geringste SNt dieser Gruppe betrug 282 Minuten.

Hinsichtlich des intraoperativen Blutverlustes ergab sich nach dem PS-Matching ein durchschnittlicher Verlust von 262,5 ml (SD:  $\pm 213,4$  ml), mit einem maximalen Blutverlust von 500 ml. Der geringste Blutverlust in der Robotik Gruppe betrug ebenfalls näherungsweise 0 ml. Damit zeigte sich auch hier weiterhin ein durchschnittlich höherer Blutverlust, im Vergleich zum robotischen Verfahren.

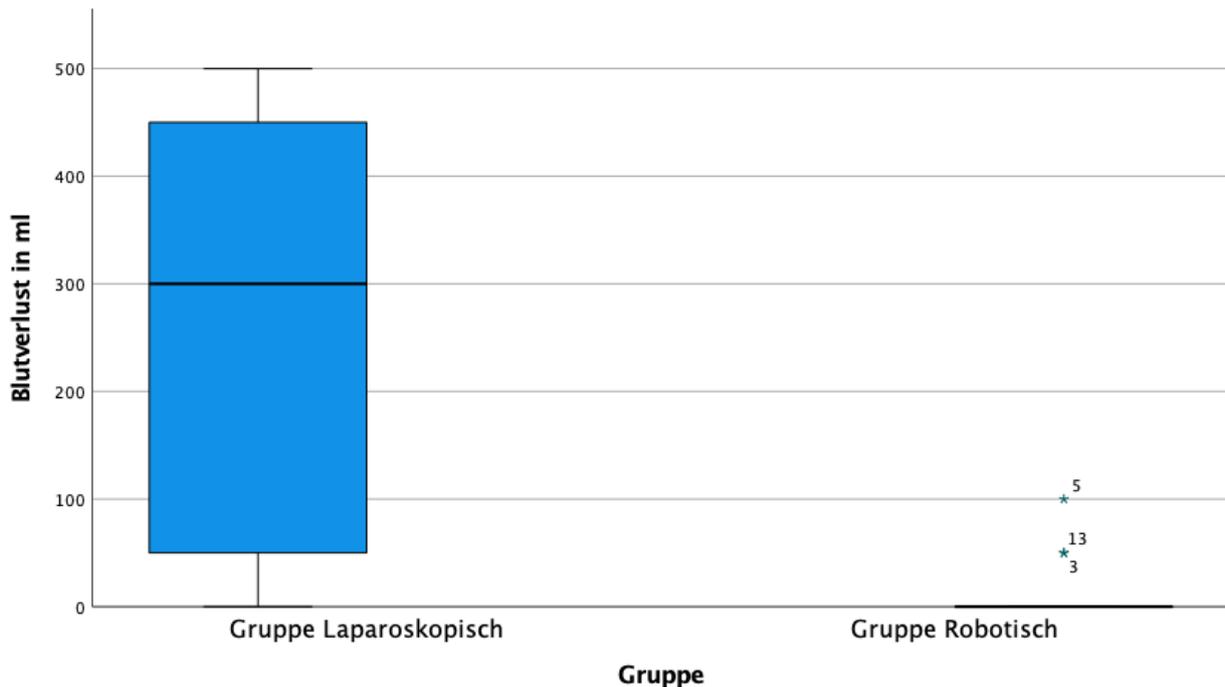
Dieser Unterschied zeigte sich mittels des Mann-Whitney-U-Test ebenfalls als statistisch signifikant, sowohl für die SNt ( $z = -3,241$ ,  $p < 0,001$ ), als auch für den Blutverlust ( $z = -2,854$ ,  $p = 0,008$ ). Die Effektstärke betrug jeweils 0,61 für die SNt und 0,62 für den Blutverlust.

Eine graphische Darstellung zeigt Abbildung 7 – 8.



**Abb. 7:** PS-Matching: Vergleich der Schnitt/Naht-Zeit in Minuten

Verglichen wird die Zeit zwischen dem Hautschnitt als Startpunkt der OP und der Hautnaht als definiertes OP-Ende. Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching Laparoskopische Proktokolektomien gehen mit einer kürzeren OP-Zeit einher als robotische Proktokolektomien ( $367,6 \pm 88,9$  min. vs.  $497,7 \pm 92,8$  min;  $p < 0,001$ )



**Abb. 8:** PS-Matching: Vergleich des Blutverlustes in Millilitern

Verglichen wird der intraoperativ gemessene Blutverlust. Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching. Laparoskopische Proktokolektomien gehen hierbei mit einem vergleichsweise höheren Blutverlust einher als robotische Proktokolektomien ( $262,5 \pm 213,4$  ml vs.  $15,5 \pm 31,5$  ml;  $p = 0,008$ )

Was den Krankenhausaufenthalt betrifft, verbrachten die Patienten der neu generierten laparoskopischen Gruppe durchschnittlich 20,9 Tage (SD:  $\pm 11,3$  Tage) im Krankenhaus. Der längste Aufenthalt belief sich auf 44 Tage.

Dabei verbrachten die Patienten im Schnitt 17,6 Tage (SD:  $\pm 7,3$  Tage) auf der Normalstation. Der längste Aufenthalt auf der Normalstation belief sich auf 30 Tage. Im Vergleich dazu betrug der kürzeste Aufenthalt 6 Tage.

Die Aufnahme der Patienten auf eine Überwachungsstation war bei 8 Patienten (57,1 %) erforderlich. Demgegenüber konnten 6 Patienten (42,9 %) regulär ihren Krankenhausaufenthalt auf der Normalstation verbringen.

Eine Überwachung auf der ICU war bei 4 Patienten (28,6 %) notwendig, mit einer durchschnittlichen Liegedauer von 0,9 Tagen (SD:  $\pm 2,6$  Tage). Dabei betrug der maximale Aufenthalt auf der ICU 10 Tage.

Demgegenüber war bei 7 Patienten (50 %) ein Aufenthalt auf der IMC indiziert. Durchschnittlich 2,3 Tage (SD:  $\pm 5,3$  Tage) verbrachten die Patienten auf dieser Station. Der längste Aufenthalt belief sich dabei auf 20 Tage.

Hinsichtlich der robotischen Gruppe gab es keine Änderung hinsichtlich der deskriptiven Statistik aufgrund der gleichbleibenden Gruppengröße (s. Abschnitt 3.3.1 - 3.3.5).

Dieser Unterschied, im Hinblick der Liegedauer auf der ICU und IMC, zeigte sich mittels des Mann-Whitney-U-Test als nicht statistisch signifikant (ICU:  $z = -0,333$ ,  $p = 0,804$ ) (IMC:  $z = -1,008$ ,  $p = 0,376$ )

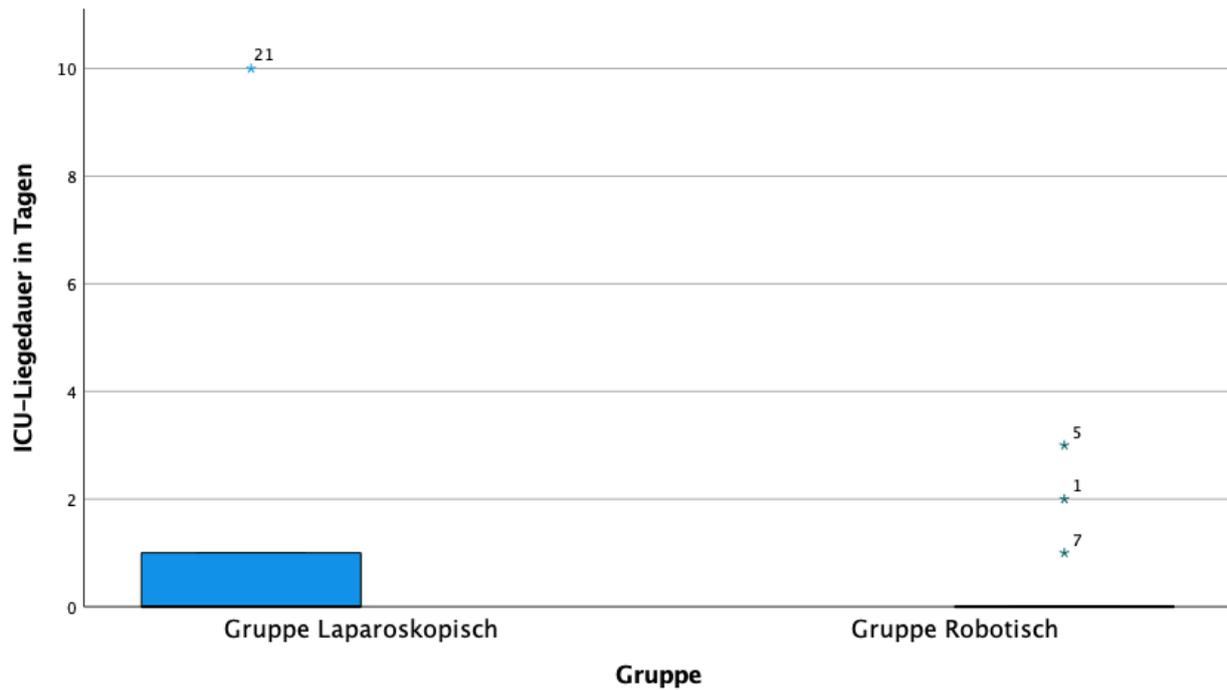
Der Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich der Liegedauer auf der Normalstation ( $z = -1,891$ ,  $p = 0,062$ ) und der Gesamtliegedauer ( $z = -1,727$ ,  $p = 0,085$ ) war, im Gegensatz zu der Stichprobe vor dem PS-Matching, ebenfalls nicht statistisch signifikant.

Ein Überblick der Ergebnisse ist in der Tabelle 14 und den Abbildungen 9 – 12 dargestellt.

**Tab. 14:** Postoperative Überwachung und Liegedauer PS-Matching

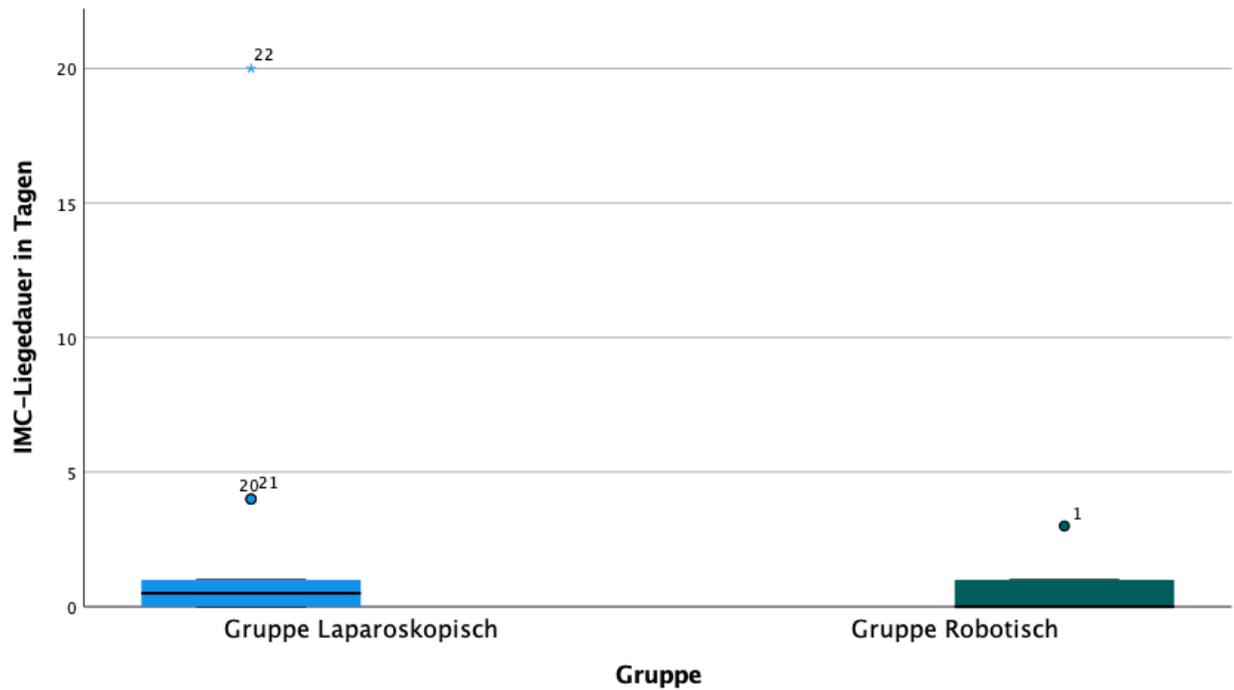
	PS-Matching Laparoskopische Proktokolektomie (n=14)	PS-Matching Robotische Proktokolektomie (n=14)
Patienten auf ICU oder IMC	8 (57,1 %)	6 (42,9 %)
Patienten auf ICU	4 (28,6 %)	3 (21,4 %)
Patienten auf IMC	7 (50 %)	5 (35,7 %)
Liegedauer in Tagen		
ICU-Liegedauer	0,9 $\pm$ 2,6	0,4 $\pm$ 0,9
IMC-Liegedauer	2,3 $\pm$ 5,3	0,5 $\pm$ 0,9
Normalstation-Liegedauer	17,6 $\pm$ 7,3	14,4 $\pm$ 10,7
Gesamtliegedauer	20,9 $\pm$ 11,3	15,4 $\pm$ 10,9

In dieser Tabelle ist die Liegedauer auf der Intensivstation (ICU), Intermediate Care Station (IMC), Normalstation sowie die Gesamtliegedauer der laparoskopischen und robotischen Gruppe nach dem Propensity Score Matching mit den Daten der zugehörigen deskriptiven Analyse aufgeführt.



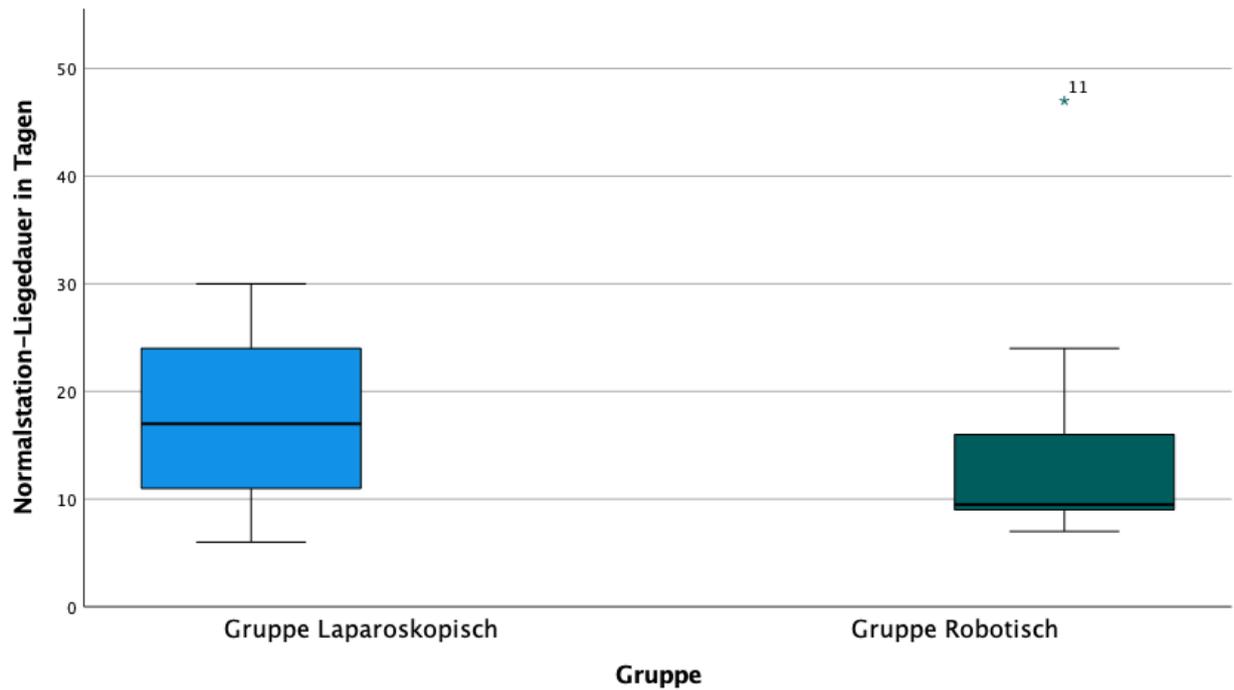
**Abb. 9:** PS-Matching: Vergleich der Liegedauer auf der ICU in Tagen

Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Intensivstation (ICU). Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching. Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $0,9 \pm 2,6$  Tage vs.  $0,4 \pm 0,9$  Tage;  $p = 0,804$ )



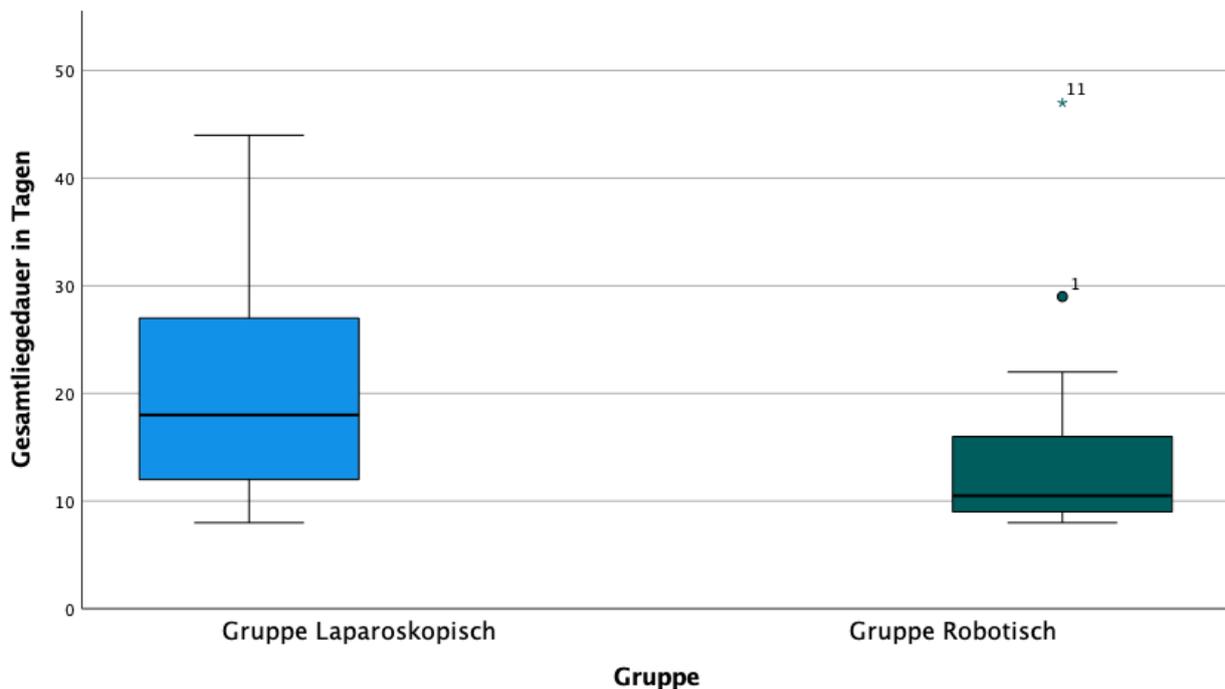
**Abb. 10:** PS-Matching: Vergleich der Liegedauer auf der IMC in Tagen

Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Intermediate Care Station (IMC). Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching. Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $2,3 \pm 5,3$  Tage vs.  $0,5 \pm 0,9$  Tage;  $p = 0,376$ )



**Abb. 11:** PS-Matching: Vergleich der Liegedauer auf der Normalstation in Tagen

Verglichen wird die postoperative Liegedauer auf der Normalstation. Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching. Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $17,6 \pm 7,3$  Tage vs.  $14,4 \pm 10,7$  Tage;  $p = 0,062$ )



**Abb. 12:** PS-Matching: Vergleich der Gesamtliegedauer in Tagen

Verglichen wird die gesamte postoperative Dauer des Aufenthalts im Krankenhaus unabhängig von der Station. Der Vergleich bezieht sich hierbei auf die neu generierten Gruppen durch das Propensity Score Matching. Laparoskopische Proktokolektomien im Vergleich zu robotische Proktokolektomien zeigten dabei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Liegedauern ( $20,9 \pm 11,3$  Tage vs.  $15,4 \pm 10,9$  Tage;  $p = 0,085$ )

Den meisten Patienten, insgesamt 50 % (7 Patienten), aus der neu generierten „lap“-Gruppe wurde eine Grad II, im Sinne der postoperativen Komplikationen nach Clavien-Dindo, zugeordnet. 2 Patienten (14,3 %) wiesen einen weitgehend komplikationslosen Verlauf auf, was einem Grad I entsprach.

Demgegenüber benötigten 5 Patienten eine interventionelle Behandlung der aufgetretenen Komplikationen. Dabei war bei 1 Patient (7,1 %) keine Vollnarkose erforderlich, wogegen die restlichen 4 Patienten (28,6 %) eine Vollnarkose zur Behandlung ihrer Komplikationen benötigten.

Dieser Unterschied war mittels des Mann-Whitney-U-Test nicht statistisch signifikant ( $z = -1,822$ ,  $p = 0,085$ ).

Hinsichtlich schwerwiegender Komplikationen ergibt sich mittels des exakten Tests nach Fisher kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,678$ ),

**Tab. 15:** Clavien-Dindo-Grad der PS-Matching „lap“-Gruppe

Clavien-Dindo		Häufigkeit	Prozent [%]
Gültig	I	2	14,3
	II	7	50
	IIIa	1	7,1
	IIIb	4	28,6
	≥IIIa	5	35,7
	Gesamt	14	100

**Tab. 16:** Clavien-Dindo-Grad der PS-Matching „rob“-Gruppe

Clavien-Dindo		Häufigkeit	Prozent [%]
Gültig	I	8	57,1
	II	3	21,4
	IIIa	0	0
	IIIb	3	21,4
	≥IIIa	3	21,4
	Gesamt	14	100

In diesen beiden Tabellen sind die Anzahl sowie der prozentuale Anteil der Patienten mit postoperativen Komplikationen nach der Clavien-Dindo-Klassifikation aufgeführt. Dabei werden in diesen beiden Tabellen die laparoskopische und robotische Gruppe nach dem Propensity Score Matching verglichen.

Im Gegensatz zu der Stichprobe vor dem PS-Matching war in der neu generierten „lap“-Gruppe bei keinem Patienten eine Konversion erforderlich.

Dieser Unterschied, zwischen der „lap“- und „rob“-Gruppe nach dem PS-Matching, den wir mittels des exakten Tests nach Fisher überprüften, war nicht statistisch signifikant ( $p = 0,999$ ).

## 5. Diskussion

### 5.1 Proktokolektomie bei Polyposis-Syndromen

Patienten mit Polyposis-Syndromen wie der FAP, aFAP oder MAP haben ein deutlich erhöhtes Risiko bereits in jungen Jahren ein KRK zu entwickeln (Curia et al., 2020; Half et al., 2009; Reed und Neel, 1955). Dabei hängt der Zeitpunkt der Operation von verschiedenen Punkten ab. So stellen zum Beispiel das Vorhandensein eines Malignoms oder die Ausprägung von Beschwerden im Rahmen der Erkrankung eine absolute OP-Indikation dar (Monahan et al., 2020). Dennoch gibt es gewisse Aspekte die bei der Entscheidungsfindung, hinsichtlich der operativen Therapie unberücksichtigt bleiben. Zu berücksichtigen wären einerseits die Auswirkungen des Operationszeitpunkts auf einen bestehenden Kinderwunsch. Darüber hinaus sollte das soziale Umfeld, der berufliche Stand und der emotionale Entwicklungsstand des Patienten evaluiert und mit in die Entscheidungsfindung aufgenommen werden, da diese Punkte insbesondere in der Rehabilitationsphase nach der Operation einen Einfluss auf die Genesung des Patienten haben könnten. Das Auftreten einer Polyposis, eines Kolorektalen-Karzinoms oder einer FAP-assoziierten Mortalität bei Angehörigen des Patienten sowie das individuelle Desmoidrisiko sollte ebenfalls nicht unberücksichtigt bleiben. Bezüglich der Auswahl des Operationsverfahrens sollte die patientenindividuellen Compliance ebenfalls erfragt werden, um ein geeignetes Verfahren für den Patienten auszuwählen. Insbesondere die Proktokolektomie mit IPAA stellt ein gutes Verfahren für Patienten mit geringer Compliance, hinsichtlich der Vorsorgeuntersuchungen, dar (Monahan et al., 2020). Schlussendlich sollte die Entscheidung hinsichtlich des operativen Verfahrens im interdisziplinären Konsens und unter Berücksichtigung des Patientenwunsches erfolgen.

Sofern eine operative Therapie durchgeführt wird ist es häufig notwendig prophylaktisch das Kolons sowie Teile des Rektums operativ zu entfernen. Dabei stehen verschiedene Operationstechniken zur Verfügung: die laparoskopische Proktokolektomie, die offen-chirurgische Proktokolektomie und die robotische Proktokolektomie (Syngal et al., 2015).

Bereits ausreichend erforscht sind die Vorteile des minimalinvasiven Operierens gegenüber den offen-chirurgischen Zugängen, im Hinblick auf geringeren Blutverlust,

schnellere Wundheilung, geringere postoperative Komplikationen, weniger postoperative Schmerzen und damit einhergehend ein geringerer Analgetikabedarf sowie eine kürzere Krankenhausverweildauer (Baek et al., 2016; Flynn et al., 2021; Kartheuser et al., 2006; Thüroff, 2012). Auch im Langzeitverlauf zeigen sich eindeutige Vorteile (Weniger Adhäsionen, weniger Narbenhernien) für ein minimalinvasives Vorgehen. Das aktuelle Standardvorgehen ist hierbei die laparoskopische Proktokolektomie. In den letzten Jahren ist eine Verbreitung der robotischen Eingriffe, insbesondere im Bereich der Kolorektalchirurgie zu beobachten. Insbesondere in der Rektumchirurgie aufgrund eines Karzinoms konnte das robotische Vorgehen bereits Vorteile zeigen. Bezüglich einer kompletten Proktokolektomie bei Polyposispatienten gibt es aktuell nur vereinzelte Fallbeschreibungen, die zumindest eine Machbarkeit vermuten lassen (Feng et al., 2022). Allerdings lässt sich zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht sicher sagen, ob die robotische Proktokolektomie bei Polyposis-Patienten der laparoskopischen Methode über- oder unterlegen ist.

Ziel dieser retrospektiven Datenanalyse war es erstmalig die Vor- und Nachteile der robotischen Proktokolektomie bei Polyposis-Patienten, im Hinblick der Schnitt-Naht-Zeit, Krankenhausverweildauer, Konversionsrate, Komplikationsrate und des Blutverlustes, mit der, bis vor kurzem regelhaft durchgeführten, laparoskopischen Proktokolektomie zu vergleichen und die entsprechenden Vor- und Nachteile zu kontrastieren. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse dieser Analyse im Hinblick auf den aktuellen Forschungsstand verglichen und diskutiert.

### 5.1.1 Laparoskopische Proktokolektomie

Die laparoskopische Chirurgie hat sich in den letzten Jahrzehnten als etablierte chirurgische Therapiemöglichkeit durchgesetzt, so auch für die Proktokolektomie. Kritisiert wurde der laparoskopische Ansatz aufgrund längerer Operationsdauer und technischer Komplexität (Campos, 2014; Boller und Larson, 2007), allerdings traten in mehreren Studien die Vorteile des minimalinvasiven Operierens deutlich hervor (s. Abschnitt 5.1). Unter anderem zeigte sich bei der laparoskopischen Proktokolektomie ein geringer Blutverlust, eine kürzere Zeitdauer eines postoperativen Ileus und ein besseres kosmetisches Ergebnis verglichen mit offenen Eingriffen. Hinsichtlich der Mortalität, Komplikations- und Reoperationsrate sowie der Wiederaufnahmerate zeigten

sich keine Nachteile gegenüber der offenen Proktokolektomie (Campos, 2014; Marcello et al., 2000). Limitationen welche für die laparoskopischen Operationen angeführt werden sind der Drehpunkteffekt (Fulcrum-Effekt) sowie die nicht artikulierten Instrumentenbewegungen (Leal Ghezzi und Campos Corleta, 2016). Insbesondere die fehlende Abwinkelbarkeit der Instrumente ist bei der Präparation im Bereich des unteren Rektumdrittels ein Faktor, der das operative Vorgehen erschwert und eventuell sogar die operative Qualität negativ beeinflusst.

In in den folgenden Abschnitten eruiert werden, inwiefern die robotische Proktokolektomie darüber hinaus Vor- oder Nachteile im Gegensatz zu der laparoskopischen Methode bietet.

### 5.1.2 Robotische Proktokolektomie

Das roboterassistierte Operieren hat in den letzten Jahren zunehmend an Akzeptanz gewonnen. In der Urologie hat sich dies bereits als Standardprozedur für beispielsweise die radikale Prostatektomie durchgesetzt und viele weitere chirurgische Bereiche versuchen aktuell diese Operationstechnik ebenfalls zu etablieren (Ficarra et al., 2007; Mikhail et al., 2020). Die Vorteile dieser Operationsmethode beinhaltet einerseits die generellen Vorteile der minimalinvasiven Chirurgie, wie in Abschnitt 4.1 beschrieben. Andererseits bestehen darüber hinaus Vorteile in der hochauflösenden dreidimensionalen Optik, dem präziseren Arbeiten was durch die Tremorreduktion realisiert wird, die Möglichkeit der starken Vergrößerung des Bildes, der Bewegungsskalierung, der bessere ergonomischen Arbeitsposition und der hohen Mobilität der Instrumente (Baik et al., 2008; Flynn et al., 2021; Leal Ghezzi und Campos Corleta, 2016; Morohara et al. 2025, Prete et al., 2018; Stoffels et al., 2020). Nachteile die benannt werden sind beispielsweise die fehlende Haptik durch das Arbeiten an der Steuerkonsole sowie die hohen Anschaffungs-, Wartungs- und Operationskosten (Gebhardt et al., 2022; Szold et al., 2015).

Eine eindeutige Überlegenheit der robotischen Proktokolektomie gegenüber der laparoskopischen Proktokolektomie konnte bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht festgestellt werden. Allerdings konnte bereits gezeigt werden, dass das robotische und laparoskopische Operieren, insbesondere im Punkt Patientensicherheit, zumindest

gleichwertig anzusehen ist (D'Annibale et al., 2004; Stoffels et al., 2020). Weitere potentielle Vorteile der robotischen Chirurgie, die häufig genannt werden sind ein geringerer Blutverlust, eine kürzere Krankenhausverweildauer sowie eine geringere Anzahl an Komplikationen und Konversionen im Vergleich zu der laparoskopischen Methode (de'Angelis et al. 2024, Kim et al., 2014). In den folgenden Abschnitten werden diese Punkte noch einmal genauer beleuchtet und diskutiert.

#### 5.1.2.1 Schnitt-Naht Zeit

Im Vergleich zu der laparoskopischen Proktokolektomie ist die robotische Proktokolektomie in unserer Analyse mit einer statistisch signifikant längeren SNT verbunden, was sich mit den Ergebnissen anderer Publikationen deckt. Die durchschnittlich SNT unserer Daten betrug 497,7 Minuten, was vergleichsweise länger ist als in einigen anderen Publikationen beschrieben wird (Flynn et al., 2021; Gebhardt et al., 2022; Hamzaoglu et al., 2020).

Die insgesamt lange Operationsdauer kommt unter anderem durch das notwendige An- und Abdocken des Da Vinci ® Xi Systems zustande. Weiterhin berichten einige Publikationen, dass aufgrund technischer Aspekte das Operieren in allen vier Quadranten nicht umzusetzen ist und zu längeren Operationsdauern führen kann (Kim et al., 2014), allerdings gibt es bereits neuere Untersuchungen die zeigen, dass auch das Operieren in allen vier Quadranten adäquat durchzuführen ist (Arensmeyer et al., 2023). Auch die Erfahrung und Lernkurve der operierenden Chirurgen spielt eine maßgebliche Rolle für die Operationsdauer. Erfahrene Operateure haben häufig bereits langjährige praktische Kenntnis bezüglich laparoskopischer Operationstechniken, wogegen die robotische Chirurgie im Vergleich dazu erst seit kürzerer Zeit angewendet und trainiert wird, was ebenfalls ein Erklärungsansatz, für die Diskrepanz der SNT, sein kann. Die Proktokolektomie mittels des Da Vinci ® Xi System wird erst seit 2018 in der Uniklinik Bonn durchgeführt und daher kann man davon ausgehen, dass die Erfahrung der Operateure hinsichtlich dieser Technik geringer ausfällt, im Gegensatz zu der laparoskopischen Methode. Weiterhin wurden die 14 robotisch-assistierten Eingriffe in unserer Kohorte von drei Operateuren durchgeführt. Zwar haben diese drei Chirurgen langjährige Erfahrung in der offenen und laparoskopischen Chirurgie, allerdings unterscheidet sich das operative Vorgehen in der Robotik hiervon deutlich. Dies betrifft

vor allem den Umstand, dass in allen vier Quadranten des Abdomens operiert werden muss. Hierfür ist in der Robotik ein strukturiertes und gut geplantes Konzept notwendig, da nicht, wie in der Laparoskopie, so ohne weiteres zwischen Becken und Oberbauch gewechselt werden kann. Für diesen Schritt muss der Roboter abgedockt und im Anschluss wieder angedockt werden, was Zeit kostet. Um dies zu umgehen, müssen die Eingriffe genau durchstrukturiert sein. Dieser Umstand könnte sich jedoch, aufgrund des Erfahrungszugewinns, in Zukunft ändern, was man durch Follow-ups in den nächsten Jahren quantifizieren könnte. Einige Publikationen, insbesondere in der onkologischen Kolorektalchirurgie, weisen bereits darauf hin, dass bei robotischen Operationen die Lernkurve kürzer ist, als bei der laparoskopischen Methode (Jiménez-Rodríguez et al., 2016). Je häufiger diese Operationsmethode angewendet und geübt wird, desto kürzer kann in Zukunft die Operationsdauer ausfallen. Dies wird bereits jetzt bei unerfahrenen Chirurgen deutlich. Einige Untersuchungen haben gezeigt, dass unerfahrene Chirurgen, insbesondere bei komplexen Operationen, eine kürzere Operationsdauer bei der robotischen Operationstechnik, im Gegensatz zu der laparoskopischen Methode, aufweisen (Flynn et al., 2021). Einige weitere Lösungsansätze zur Reduktion der SNT sind zum Beispiel die sogenannte Single-Dock oder Hybrid-Technik (Morelli et al., 2015; Roviello et al., 2015). Weiterhin kann man davon ausgehen, dass eine zunehmende Standardisierung der Prozeduren zu kürzeren SNT führen kann (Miskovic et al., 2019).

#### 5.1.2.2 Blutverlust

Der intraoperative Blutverlust während der robotischen Proktokolektomie war in unserer Analyse mit durchschnittlich 15,4 Millilitern statistisch signifikant geringer als bei der laparoskopischen Proktokolektomie. Dieses Ergebnis zeigte sich ebenfalls nach der 1:1 Sensitivitätsanalyse, trotz geringerer Stichprobengröße. Dies weist auf ein robustes Ergebnis unter veränderter Betrachtungsweise hin. Auch im Vergleich zu anderen Publikationen war der Blutverlust unserer Analyse geringer (Flynn et al., 2021). Dies lässt sich auf die Vorteile der robotischen Chirurgie, wie in Abschnitt 4.1.2 beschrieben, zurückführen. Die hohe Präzision, welche durch die robotische Operation realisiert werden kann, führt zu einem geringeren Blutverlust und kann damit eine erhöhte Patientensicherheit bedingen (Kim et al., 2014).

### 5.1.2.3 Krankenhausverweildauer

Unsere Analyse konnte zeigen, dass die Krankenhausverweildauer der „rob“-Gruppe auf der Normalstation und die Gesamtliegedauer kürzer waren, im Vergleich zu der „lap“-Gruppe. Dieser Unterschied war bei Betrachtung der gesamten Patientengruppe statistisch signifikant. Nach der 1:1 Sensitivitätsanalyse, in Form des Propensity score matchings, ergab sich jedoch keine statistische Signifikanz mehr, was am Ehesten auf eine Reduktion der Stichprobengröße zurückzuführen sein kann. Demnach kann man für zukünftige Studien hinsichtlich der Krankenhausverweildauer potentielle Unterschiede zwischen den beiden Operationstechniken erwarten, was insbesondere bei größeren Stichproben deutlich werden könnte.

Hinsichtlich der Liegedauer auf den Überwachungsstationen (ICU/IMC) konnte in unserer Analyse keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. In der Literatur wird die Krankenhausverweildauer nicht so detailliert aufgeteilt und spezifiziert, wie wir es in unserer Analyse getan haben. In einer Publikation von Kim et al. wurden 69 Studien zu roboter-assistierter Kolorektalchirurgie hinsichtlich verschiedenster Parameter, wie auch der Krankenhausverweildauer untersucht. Die Krankenhausverweildauer wurde dort ebenfalls lediglich im Hinblick auf die Gesamtliegedauer untersucht, unabhängig davon, ob ein Aufenthalt auf einer Überwachungsstation stattgefunden hat oder nicht (Kim et al. 2014). Daher benötigt es hinsichtlich postoperativer Aufenthalte auf Überwachungsstationen nach robotischen Proktokolektomien zukünftig noch weitere Untersuchungen um potentielle Unterschiede zu konkretisieren.

Darüber hinaus muss im Hinblick der Krankenhausverweildauer und postoperativen Morbidität gleichzeitig das Fast-Track Konzept berücksichtigt werden. Entwickelt wurde dieses Konzept in den 1990er Jahren durch den dänischen Viszeralchirurgen Henrik Kehlet (Kehlet und Wilmore, 2002). Dieses Konzept ist ein multimodales, standardisiertes Programm, das bereits in vielen RCTs eine Reduktion der Krankenhausverweildauer, eine schnellere Rekonvaleszenz und Mobilisation der Patienten, ein schnelleren Kostenaufbau sowie eine verbesserte Darmfunktion und eine geringere Komplikationsrate nachgewiesen hat (Kehlet und Wilmore, 2008). Dieses Konzept besteht aus verschiedenen perioperativen Strategien, wie zum Beispiel die

Bevorzugung von Regionalanästhesien und kurzwirksamen Anästhetika, minimalinvasive chirurgische Techniken, Thromboembolieprophylaxe, multimodale postoperative Schmerztherapie, antiemetische Therapie, frühzeitige enterale Ernährung sowie Mobilisation, ein geringer Einsatz von Sonden, Drainagen und Kathetern sowie eine adäquate Flüssigkeitstherapie (Ionescu et al., 2009; Khelet und Wilmore, 2002; Schwenk, 2009; van Beekum et al., 2020). Ab 2006 wurde ein etabliertes Fast-Track Konzept an der Uniklinik Bonn eingeführt. Die Patienten dieser Analyse wurden in dem Zeitraum vom 07.2010 bis zum 05.2021 operiert und dementsprechend ebenfalls dem Fast-Track Konzept zugeführt, daher muss man davon ausgehen, dass die Krankenhausverweildauer nicht unwesentlich durch das Fast-Track Konzept beeinflusst wurde. Da allerdings bei beiden Gruppen das Fast-Track Konzept angewendet wurde, kann man annehmen, dass der Einfluss dieses Konzeptes auf die Krankenhausverweildauer zwischen den Gruppen keinen maßgeblichen Unterschied gemacht hat. Lediglich der zunehmend routiniertere und erfahrenere Umgang mit dem Fast-Track Konzept über die letzten Jahre kann zu geringen potentiellen Unterschieden hinsichtlich der Krankenhausverweildauer, im Vergleich der beiden Gruppen, geführt haben. Allerdings berichten einige Studien, unabhängig des Fast-Track Konzeptes, von geringeren postoperativen Krankenhausverweildauern bei der robotischen Kolorektalchirurgie. Hierbei wird angenommen, dass dies durch ein geringeres iatrogenes Gewebetrauma und geringere postoperative Schmerzen bedingt ist, welches durch den Operationsroboter realisiert werden kann (Baik et al., 2008; Patel et al., 2011).

#### 5.1.2.4 Postoperative Komplikationen

Im Rahmen einer Proktokolektomie kann es zu diversen postoperativen Komplikationen kommen (s. Abschnitt 1.2). Als Standardmethode zur Erfassung von postoperativen Komplikationen hat sich die Clavien-Dindo-Klassifikation etabliert, welche in unserer Analyse ebenfalls Anwendung findet.

In unserer Analyse ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen, hinsichtlich postoperativer Komplikationen. Dies deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen, in denen kein Unterschied zwischen der Komplikationsrate von robotischen und laparoskopischen Techniken

festgestellt wurde (Flynn et al., 2021; Stoffels et al., 2020). Eine Limitation in dieser Analyse besteht hierbei in der kurzen Nachbeobachtungszeit der Patienten. Etwaige Langzeitfolgen oder Einschränkungen der Lebensqualität nach mehreren Jahren lassen sich durch diese Analyse nicht abbilden. Besonders interessant wäre es, im Rahmen von Langzeitverläufen die Sexualfunktion und die Fertilität der sehr jungen Patienten zu untersuchen. So wird der robotischen Chirurgie durch eine höhere Auflösung und abwinkelbare Instrumente ein präziseres und atraumatisches Operieren nachgesagt. Dies könnte, insbesondere bei OPs im Becken direkten Einfluss auf das Schonen der Nerven (Plexus hypogastricus inf.) und somit einer erhaltenden Sexualfunktion sowie der Blasenentleerung haben. Es könnte sich aber auch direkt auf die Fertilität bei Frauen auswirken, da sich eventuell weniger Adhäsionen insbesondere im Bereich der Fimbrien bilden könnten. Daher bedarf es in Zukunft weiterer Studien und längerfristiger Follow-ups um mögliche Langzeitfolgen zu quantifizieren und analysieren.

#### 5.1.2.5 Konversionen

Als ein großer Vorteil der robotischen Operation wird in der Literatur die geringere Konversionsrate, im Vergleich zu laparoskopischen Techniken, beschrieben. Es gibt bereits mehrere Publikationen, die auf diesen Unterschied hinweisen (Flynn et al., 2021; Ortiz-Oshiro et al., 2012, Sterk et al. 2023). Ein Beispiel ist die Meta-Analyse von Phan et al., in welcher 6 RCTs und 5 PS-Matching Studien untersucht wurden. Dort kam man zu dem Schluss, dass die robotische Operation von Patienten mit Kolorektalkarzinomen der laparoskopischen Technik, im Hinblick auf eine geringere Konversionsrate, überlegen ist (Phan et al., 2019). Dies konnte in unserer Analyse allerdings nicht bestätigt werden. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Einige Gründe die für die Durchführung einer Konversion beschrieben werden sind ein zu enges Becken im potentiellen Zusammenhang mit Übergewicht, Adhäsionen an anderen Organen und intraoperative Komplikationen wie Blutungen oder Organperforationen (Baik et al., 2009; Baek et al., 2011; Ortiz-Oshiro et al., 2012).

## 5.2 Studienpopulation und Studiendesign

In dieser Analyse wurden insgesamt 43 Patienten eingeschlossen, von denen 29 Patienten der „lap“-Gruppe und 14 Patienten der „rob“-Gruppe angehörten. Hinsichtlich der Geschlechterverteilung war der Männer- und Frauenanteil in beiden Gruppen weitgehend ausgeglichen und zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied. Bei der Studienpopulation handelte es sich hauptsächlich um junge und gesunde Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 34,4 Jahren für die „lap“-Gruppe und 31,8 Jahren für die „rob“-Gruppe. Auch hierbei zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Dies deckt sich ebenfalls mit den epidemiologischen Daten der entsprechenden Polyposis-Syndrome (s. Abschnitt 1.1). Neben dem Alter und dem Geschlecht wurden auch der BMI und die ASA-Risikoklassifizierung als Einschlusskriterien definiert, bei welchen sich ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gezeigt hat. Hiermit konnten wir von einem vergleichbaren Patientenkollektiv ausgehen.

Der Goldstandard zur Untersuchung wissenschaftlicher Fragestellungen sind randomisiert kontrollierte Studien (RCTs) bzw. Metaanalysen aus RCTs. Dies impliziert allerdings, dass die zu untersuchende Krankheit bzw. Intervention in einer ausreichend hohen Inzidenz vorliegt, so dass eine ausreichend hohe Fallzahl für die notwendigen Endpunkte generiert werden kann. Dies ist bei seltenen Erkrankungen, zu den die Polyposis Syndrome per definitionem gehören, nur bei weltweiten, multizentrischen Untersuchungen möglich. Der Aufwand hierzu ist immens. Aus diesem Grunde haben wir uns neben der retrospektiven Analyse, für eine zusätzliche 1:1 Sensitivitätsanalyse in Form des Propensity Score Matching entschieden, um etwaige Confounder zu kontrollieren. Mit dieser weiteren Herangehensweise, wollten wir herausarbeiten, ob unsere statistischen Ergebnisse unter veränderter Betrachtungsweise weiterhin stabil sind. Insbesondere die Analyse des Blutverlustes und der SNt zeigten hier ein robustes Ergebnis. Dennoch wäre natürlich eine multizentrische Analyse die beste (wenn auch nicht realisierbare) Option.

Eine Limitation dieser Analyse war unter anderem die kleine Stichprobengröße, was an der geringen Inzidenz der entsprechenden Polyposis-Syndrome in der

Allgemeinbevölkerung liegt (s. Abschnitt 1.1). Dies kann zu einer Beeinflussung der statistischen Power und Trennschärfe führen.

### 5.3 Fazit und Ausblick

Bei Patienten mit Polyposis-Syndromen, ist aktuell die Operation die einzige Möglichkeit zur konsequenten Prävention eines KRK. Aufgrund des jungen Alters der Patienten zum Operationszeitpunkt besteht ein hoher Anspruch an das Operationsverfahren. Insbesondere der funktionelle Outcome, die Sicherheit des Operationsverfahrens, ein gutes ästhetisches Ergebnis sowie die damit einhergehende Lebensqualität stehen hierbei im Vordergrund. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass die robotische Proktokolektomie eine zukunftsfähige alternative Operationstechnik darstellt, die im Hinblick auf Patientensicherheit mindestens gleichwertig zu der laparoskopischen Operationstechnik anzusehen ist. Insbesondere hinsichtlich des intraoperativen Blutverlustes und der Krankenhausverweildauer lassen sich bereits Vorteile bezüglich der robotischen Methode erkennen.

Dennoch werden darüber hinaus weitere Untersuchungen in Form von randomisierten kontrollierten Studien mit einem größeren Stichprobenumfang benötigt um, potentielle Vor- und Nachteile zu evaluieren. Außerdem sollten eventuell Aufenthalte auf Überwachungsstationen (ICU/IMC) ebenfalls Gegenstand zukünftiger Studien sein. Weiterhin empfiehlt es sich insbesondere langfristige Folgen und Komplikationen sowie etwaige Einschränkungen der Lebensqualität durch längere Nachbeobachtungszeiten und Follow-ups in Zukunft zu untersuchen.

Schon jetzt sieht man, dass sich durch technische Innovationen die robotische Proktokolektomie stetig weiterentwickeln wird. Auch die zunehmende Erfahrung der Chirurgen wird in Zukunft zur Weiterentwicklung dieser Operationsmethode beitragen. Daher sind zukünftige Reevaluation der robotischen Proktokolektomie sinnvoll um die Evidenz in diesem Gebiet zu erweitern und zu konkretisieren.

## 6. Zusammenfassung

Polyposis-Syndrome wie die FAP, aFAP und MAP sind vererbare Erkrankungen, welche durch das Auftreten von multiplen Polypen gekennzeichnet sind und bereits bei jungen Patienten zur Ausprägung eines KRK führen können. Als kurative Behandlungsmethode dieser Erkrankung gilt die restaurative Proktokolektomie mit Ileum-Pouch-analer Anastomose (IPAA), welche bis vor kurzem mittels laparoskopischer Operation standardmäßig durchgeführt wurde. Dank technischer Innovationen und stetiger Fortschritte in diesem Gebiet gewinnt die robotische Chirurgie, beispielsweise mittels des Da Vinci® Xi System, zunehmend an Akzeptanz. Bereits mehrere Studien bei anderen Indikationen weisen auf die Vorteile der robotischen Chirurgie hin und zeigen, dass dieser Ansatz eine realistische Alternative zu der laparoskopischen Methode darstellt. Dennoch ist der Stellenwert der robotischen Chirurgie gegenüber der laparoskopischen Methode, hinsichtlich Vor- oder Nachteile, noch nicht ausreichend erforscht.

Ziel dieser Analyse war es, den gegenwärtigen Forschungsstand durch neue Erkenntnisse zu erweitern sowie die Vor- und Nachteile für die Patienten bezüglich dieser neuen Operationstechnik zu untersuchen. Hierfür haben wir die robotische Proktokolektomie bei Polyposis-Patienten mit der laparoskopischen Methode hinsichtlich verschiedener Outcome-Parameter verglichen. Dazu zählte unter anderem die Operationsdauer (SNt), der Blutverlust, die Krankenhausverweildauer auf der Normal- und Überwachungsstation, die Komplikationsrate in Form der Clavien-Dindo-Klassifikation sowie die Konversionsrate. Es wurden insgesamt 43 Polyposis-Patienten retrospektiv untersucht, die sich im Zeitraum von 07.2010 bis 05.2021 an der Uniklinik Bonn haben operieren lassen. 29 Patienten dieser Stichprobe wurden mittels laparoskopischer Proktokolektomie und 14 Patienten mittels robotischer Proktokolektomie behandelt.

Dabei zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede bezüglich des Blutverlustes, der SNt, der gesamten Krankenhausverweildauer sowie der Verweildauer auf der Normalstation. Als Vorteile der robotischen Proktokolektomie ergaben sich dabei ein geringerer Blutverlust und eine geringere Krankenhausverweildauer (im Gesamten und auf Normalstation). Ein Nachteil der robotischen Methode war demgegenüber eine

längere SNt. Hinsichtlich der Krankenhausverweildauer auf einer Überwachungsstation (ICU/IMC), der postoperativen Komplikationen sowie der Anzahl an Konversionen zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Operationsmethoden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die robotische Proktokolektomie sicher durchführbar ist und eine vielversprechende Alternative im Vergleich zu der laparoskopischen Proktokolektomie darstellt. Insbesondere im Punkt Patientensicherheit ist die robotische Alternative der laparoskopischen Methode keinesfalls unterlegen. Allerdings gibt es zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht genug Evidenz im Bereich robotischer Proktokolektomie, um eine allgemeine Empfehlung auszusprechen.

Diesbezüglich zu erwähnen sind Limitationen der robotischen Chirurgie, die sich einerseits durch die hohen Kosten ergeben sowie andererseits durch die längeren Schnitt-Naht Zeiten bedingt sind. Demgegenüber muss berücksichtigt werden, dass mit steigender Erfahrung der Operateure und weiterer Standardisierung der Prozeduren eine Verkürzung der SNt in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Inwieweit sich die SNt über die nächsten Jahre entwickeln wird, sollte Gegenstand zukünftiger Studien sein. Ferner existiert hinsichtlich der postoperativen Aufnahme auf einer Überwachungsstation wenig Evidenz in der Literatur, daher sollte dieser Outcome-Parameter in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden. Außerdem besteht eine Limitation dieser Analyse in der kurzen Nachbeobachtungszeit, wodurch keine Langzeitfolgen oder etwaige Einschränkungen der Lebensqualität abgebildet werden können. Dies sollte ebenfalls Gegenstand nachfolgender Untersuchungen und Follow-ups sein.

Da die robotische Proktokolektomie eine konkurrenzfähige Behandlungsalternative im Vergleich zu der laparoskopischen Methode darstellt, sind Erkenntnisse von in Zukunft folgenden Untersuchungen auf diesem Gebiet notwendig, um den potentiellen Nutzen dieser Methode noch weiter zu konkretisieren.

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der Schnitt/Naht-Zeit in Minuten .....	21
Abbildung 2: Vergleich des Blutverlustes in Millilitern.....	22
Abbildung 3: Vergleich der Liegedauer auf der Intensivstation (ICU) in Tagen.....	26
Abbildung 4: Vergleich der Liegedauer auf der Intermediate Care Station (ICU) in Tagen .....	27
Abbildung 5: Vergleich der Liegedauer auf der Normalstation in Tagen .....	28
Abbildung 6: Vergleich der Gesamtliegedauer in Tagen .....	29
Abbildung 7: PS-Matching: Vergleich der Schnitt/Naht-Zeit in Minuten.....	34
Abbildung 8: PS-Matching: Vergleich des Blutverlustes in Millilitern .....	35
Abbildung 9: PS-Matching: Vergleich der Liegedauer auf der ICU in Tagen.....	37
Abbildung 10: Vergleich der Liegedauer auf der IMC in Tagen.....	38
Abbildung 11: Vergleich der Liegedauer auf der Normalstation in Tagen .....	39
Abbildung 12: Vergleich der Gesamtliegedauer in Tagen .....	40

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: OP-Indikation, Quelle: Monahan et al., 2020 .....	9
Tabelle 2: Durchgeführte Operationen, Quelle Monahan et al. 2020 .....	11
Tabelle 3: Clavien-Dindo Klassifikation, Quelle: Dindo et al. 2004.....	16
Tabelle 4: Demographische Daten .....	18
Tabelle 5: Schnitt/Naht-Zeit der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe.....	20
Tabelle 6: Blutverlust der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe.....	22
Tabelle 7: Postoperative Liegedauer der „lap“-Gruppe .....	23
Tabelle 8: Postoperative Liegedauer der „rob“-Gruppe .....	24
Tabelle 9: Überwachung (ICU oder IMC) der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe .....	25
Tabelle 10: ICU-Aufenthalt der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe.....	25
Tabelle 11: IMC-Aufenthalt der „lap“-Gruppe und „rob“-Gruppe.....	27
Tabelle 12: Clavien-Dindo-Grad .....	31
Tabelle 13: Demographische Daten PS-Matching.....	32
Tabelle 14: Postoperative Überwachung und Liegedauer PS-Matching .....	36
Tabelle 15: Clavien-Dindo-Grad der PS-Matching „lap“-Gruppe .....	41
Tabelle 16: Clavien-Dindo-Grad der PS-Matching „rob“-Gruppe.....	41

## 9. Literaturverzeichnis

Aelvoet AS, Buttitta F, Ricciardiello L, Dekker E. Management of familial adenomatous polyposis and MUTYH-associated polyposis; new insights. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 2022; 58-59: 101793

Al-Tassan N, Chmiel NH, Maynard J, Fleming N, Livingston AL, Williams GT, Hodges AK, Davies DR, David SS, Sampson JR, Cheadle JP. Inherited variants of MYH associated with somatic G:C-->T:A mutations in colorectal tumors. *Nat Genet* 2002; 30: 227-232

Anderson M, Grucela A. Robotic Surgery for Ulcerative Colitis. *Clin Colon Rectal Surg* 2022; 34: 292-296

Arensmeyer J, Feodorovici P, Hüneburg R, Kalff JC, Stoffels B, Vilz TO. Robotisch assistierte Proktokolektomie mit Ileumpouchanaler Anastomose bei familiärer adenomatöser Polyposis - eine Videovignette. *Zentralbl Chir.* 2023; 148: 471-473

Baek JH, Pastor C, Pigazzi A. Robotic and laparoscopic total mesorectal excision for rectal cancer: a case-matched study. *Surg Endosc* 2011; 25: 521-525

Baek SJ, Dozois EJ, Mathis KL, Lightner AL, Boostrom SY, Cima RR, Pemberton JH, Larson DW. Safety, feasibility, and short-term outcomes in 588 patients undergoing minimally invasive ileal pouch-anal anastomosis: a single-institution experience. *Tech Coloproctol* 2016; 20: 369-374

Baik SH, Ko YT, Kang CM, Lee WJ, Kim NK, Sohn SK, Chi HS, Cho CH. Robotic tumor-specific mesorectal excision of rectal cancer: short-term outcome of a pilot randomized trial. *Surg Endosc* 2008; 22: 1601-1608

Baik SH, Kwon HY, Kim JS, Hur H, Sohn SK, Cho CH, Kim H. Robotic versus laparoscopic low anterior resection of rectal cancer: short-term outcome of a prospective comparative study. *Ann Surg Oncol* 2009; 16: 1480-1487

Barton JG, Paden MA, Lane M, Postier RG. Comparison of postoperative outcomes in ulcerative colitis and familial polyposis patients after ileoanal pouch operations. *Am J Surg* 2001; 182: 616-620

Boller AM, Larson DW. Laparoscopic restorative proctocolectomy for ulcerative colitis. *J Gastrointest Surg* 2007; 11: 3-7

Brosens LA, Keller JJ, Offerhaus GJ, Goggins M, Giardiello FM. Prevention and management of duodenal polyps in familial adenomatous polyposis. *Gut* 2005; 54: 1034-1043

Bülow S. Result of national registration of familial adenomatous polyposis. *Gut* 2003; 52: 742-746

Calabrese P, Mangana O, Manzo CA, Muirhead L, Celentano V. Robotic proctocolectomy with ileal pouch-anal anastomosis: a hybrid approach. *Int J Colorectal Dis.* 2025; 40: 63

Campos FG. Surgical treatment of familial adenomatous polyposis: dilemmas and current recommendations. *World J Gastroenterol* 2014; 28;20: 16620-16629

Church JM. Prophylactic Colectomy in Patients with Hereditary Nonpolyposis Colorectal Cancer. *Ann Med* 1996; 28: 6, 479-482

Curia MC, Catalano T, Aceto GM. MUTYH: Not just polyposis. *World J Clin Oncol* 2020; 11: 428-449

Dala RL, Shen B, Schwartz DA. Management of Pouchitis and Other Common Complications of the Pouch. *Inflamm Bowel Dis* 2018; 23;24: 989-996

D'Annibale A, Morpurgo E, Fiscon V, Trevisan P, Sovernigo G, Orsini C, Guidolin D. Robotic and laparoscopic surgery for treatment of colorectal diseases. *Dis Colon Rectum* 2004; 47: 2162-2168

de'Angelis N, Schena CA, Espin-Basany E, Piccoli M, Alfieri S, Aisoni F, Coccolini F, Frontali A, Kraft M, Lakkis Z, Le Roy B, Luzzi AP, Milone M, Pattacini GC, Pellino G,

Petri R, Piozzi GN, Quero G, Ris F, Winter DC, Khan J; MERCY Study Collaborating Group Members. Robotic versus laparoscopic right colectomy for nonmetastatic pT4 colon cancer: A European multicentre propensity score-matched analysis. *Colorectal Dis* 2024; 26: 1569-1583

Dinarvand P, Davaro EP, Doan JV, Ising ME, Evans NR, Phillips NJ, Lai J, Guzman MA. Familial Adenomatous Polyposis Syndrome: An Update and Review of Extraintestinal Manifestations. *Arch Pathol Lab Med* 2019; 143: 1382-1398

Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg* 2004; 240: 205-213

Fazio VW, Ziv Y, Church JM, Oakley JR, Lavery IC, Milsom JW, Schroeder TK. Ileal pouch-anal anastomoses complications and function in 1005 patients. *Ann Surg* 1995; 222: 120-127

Feng Q, Yuan W, Li T, Tang B, Jia B, Zhou Y, Zhang W, Zhao R, Zhang C, Cheng L, Zhang X, Liang F, He G, Wei Y, Xu J. Robotic versus laparoscopic surgery for middle and low rectal cancer (REAL): short-term outcomes of a multicentre randomised controlled trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 2022; 7: 991-1004

Ficarra V, Cavalleri S, Novara G, Aragona M, Artibani W. Evidence from robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: a systematic review. *Eur Urol* 2007; 51: 45-55

Flynn J, Larach JT, Kong JCH, Warriar SK, Heriot A. Robotic versus laparoscopic ileal pouch-anal anastomosis (IPAA): a systematic review and meta-analysis. *Int J Colorectal* 2021; 36: 1345-1356

Flynn J, Larach JT, Kong JCH, Waters PS, Warriar SK, Heriot A. The learning curve in robotic colorectal surgery compared with laparoscopic colorectal surgery: a systematic review. *Colorectal Dis* 2021; 23: 2806-2820

Gahunia S, Wyatt J, Powell SG, Mahdi S, Ahmed S, Altaf K. Robotic-assisted versus laparoscopic surgery for colorectal cancer in high-risk patients: a systematic review and meta-analysis. *Tech Coloproctol.* 2025; 29: 98.

Gebhardt JM, Werner N, Stroux A, Förster F, Pozios I, Seifarth C, Schineis C, Kamphues C, Weixler B, Beyer K, Lauscher JC. Robotic-Assisted versus Laparoscopic Proctectomy with Ileal Pouch-Anal Anastomosis for Ulcerative Colitis: An Analysis of Clinical and Financial Outcomes from a Tertiary Referral Center. *J Clin Med* 2022; 4;11: 6561

Giardiello FM, Brensinger JD, Petersen GM. AGA technical review on hereditary colorectal cancer and genetic testing. *Gastroenterology* 2001; 121: 198-213

Half E, Bercovich D, Rozen P. Familial adenomatous polyposis. *Orphanet J Rare Dis* 2009; 12;4: 22

Hamzaoglu I, Baca B, Esen E, Aytac E, Ozben V, Aghayeva A, Bilgin IA, Karahasanoglu T. Short-term Results After Totally Robotic Restorative Total Proctocolectomy with Ileal Pouch Anal Anastomosis for Ulcerative Colitis. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2020; 30: 40-44

Ionescu D, Iancu C, Ion D, Al-Hajjar N, Margarit S, Mocan L, Mocan T, Deac D, Bodea R, Vasian H. Implementing fast-track protocol for colorectal surgery: a prospective randomized clinical trial. *World J Surg* 2009; 33: 2433-2438

Jiménez-Rodríguez RM, Rubio-Dorado-Manzanares M, Díaz-Pavón JM, et al. Learning curve in robotic rectal cancer surgery: current state of affairs. *Int J Colorectal Dis* 2016; 31: 1807-1815

Kartheuser AH, Parc R, Penna CP, Tiret E, Frileux P, Hannoun L, Nordlinger B, Loygue J. Ileal pouch-anal anastomosis as the first choice operation in patients with familial adenomatous polyposis: a ten-year experience. *Surgery* 1996; 119: 615-623

Kartheuser A, Stangherlin P, Brandt D, Remue C, Sempoux C. Restorative proctocolectomy and ileal pouch-anal anastomosis for familial adenomatous polyposis revisited. *Fam Cancer* 2006; 5: 241-260

Kehlet H, Wilmore DW. Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. *Ann Surg* 2008; 248: 189-198

Kehlet H, Wilmore DW. Multimodal strategies to improve surgical outcome. *Am J Surg* 2002; 183: 630-641

Kim CW, Kim CH, Baik SH. Outcomes of Robotic-Assisted Colorectal Surgery Compared with Laparoscopic and Open Surgery: a Systematic Review. *J Gastrointest Surg* 2014; 18: 816-830

Leal Ghezzi T, Campos Corleta O. 30 Years of Robotic Surgery. *World J Surg* 2016; 40: 2550-2557

Marcello PW, Milsom JW, Wong SK, Hammerhofer KA, Goormastic M, Church JM, Fazio VW. Laparoscopic restorative proctocolectomy: case-matched comparative study with open restorative proctocolectomy. *Dis Colon Rectum* 2000; 43: 604-8

Marciel V, Lujan HJ, Plasencia G, Zeichen M, Mata W, Jorge I, Lee D, Viamonte M, Hartmann RF. Diverticular disease complicated with colovesical fistula: laparoscopic versus robotic management. *Int Surg* 2014; 99:203-210

Mikhail D, Sarcona J, Mekhail M, Richstone L. Urologic Robotic Surgery. *Surg Clin North Am* 2020; 100: 361-378

Miskovic D, Ahmed J, Bissett-Amess R, Gómez Rui M, Luca F, Jayne D, Figueiredo N, Heald RJ, Spinoglio G, Parvaiz A. European consensus on the standardization of robotic total mesorectal excision for rectal cancer. *Colorectal Dis* 2019; 21: 270-276

Monahan KJ, Bradshaw N, Dolwani S, Desouza B, Dunlop MG, East JE, Ilyas M, Kaur A, Lalloo F, Latchford A, Rutter MD, Tomlinson I, Thomas HJW, Hill J. Guidelines for the management of hereditary colorectal cancer from the British Society of Gastroenterology

(BSG)/Association of Coloproctology of Great Britain and Ireland (ACPGBI)/United Kingdom Cancer Genetics Group (UKCGG). *Gut* 2020; 69: 411-444

Morelli L, Guadagni S, Mariniello MD, Furbetta N, Pisano R, D'Isidoro C, Caprili G, Marciano E, Di Candio G, Boggi U, Mosca F. Hand-assisted hybrid laparoscopic-robotic total proctocolectomy with ileal pouch-anal anastomosis. *Langenbecks Arch Surg* 2015; 400: 741-748

Morohara K, Katsuno H, Endo T, Kikuchi K, Nakamura K, Matsuo K, Higashiguchi T, Koide T, Hanai T, Morise Z. Short-term surgical outcomes of robot-assisted colectomy for colon cancer using the hinotori Surgical Robot System. *Ann Coloproctol* 2025; 41: 97-103

Ng KS, Gonsalves SJ, Sagar PM. Ileal-anal pouches: A review of its history, indications, and complications. *World J Gastroenterol* 2019; 21;25: 4320-4342

Ørding Olsen K, Juul S, Berndtsson I, Oresland T, Laurberg S. Ulcerative colitis: female fecundity before diagnosis, during disease, and after surgery compared with a population sample. *Gastroenterology* 2002; 122: 15-19

Ortiz-Oshiro E, Sánchez-Egido I, Moreno-Sierra J, Pérez CF, Díaz JS, Fernández-Represa JÁ. Robotic assistance may reduce conversion to open in rectal carcinoma laparoscopic surgery: systematic review and meta-analysis. *Int J Med Robot* 2012; 8: 360-370

Patel CB, Ragupathi M, Ramos-Valadez DI, Haas EM. A three-arm (laparoscopic, hand-assisted, and robotic) matched-case analysis of intraoperative and postoperative outcomes in minimally invasive colorectal surgery. *Dis Colon Rectum* 2011; 54: 144-150

Phan K, Kahlaee HR, Kim SH, Toh JWT. Laparoscopic vs. robotic rectal cancer surgery and the effect on conversion rates: a meta-analysis of randomized controlled trials and propensity-score-matched studies. *Tech Coloproctol* 2019; 23: 221-230

Polat F, Willems LH, Dogan K, Rosman C. The oncological and surgical safety of robot-assisted surgery in colorectal cancer: outcomes of a longitudinal prospective cohort study. *Surg Endosc* 2019; 33: 3644-3655

Prete FP, Pezzolla A, Prete A, Testini M, Marzaioli R, Patriti A, Jimenez-Rodriguez RM, Gurrado A, Strippoli GFM. Robotic Versus Laparoscopic Minimally Invasive Surgery for Rectal Cancer: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Ann Surg* 2018; 267: 1034-1046

Reed TE, Neel JV. A genetic study of multiple polyposis of the colon with an appendix deriving a method of estimating relative fitness. *Am J Hum Genet* 1955; 7: 236-263

Rolinger J, Jansen K, von Keller J, Axt S, Falch C, Kirschniak A, Wilhelm P. Roboterassistierte Proktokolektomie mit ileopouchanaler Anastomose bei Verdacht auf hereditäre Polyposis [Robotic Assisted Proctocolectomy wit Ileal Pouch-Anal Anastomosis in a Case of Suspected Hereditary Polyposis]. *Zentralbl Chir* 2021; 146: 23-28

Roviello F, Piagnerelli R, Ferrara F, Scheiterle M, De Franco L, Marrelli D. Robotic single docking total colectomy for ulcerative colitis: First experience with a novel technique. *Int J Surg* 2015; 21: 63-67

Sagar PM, Taylor BA. Pelvic ileal reservoirs: the options. *Br J Surg* 1994; 81: 325-332

Schwenk W. Fast-Track-Rehabilitation in der Viszeralchirurgie [Fast track rehabilitation in visceral surgery]. *Chirurg* 2009; 80: 690-701

Sheedy SP, Bartlett DJ, Lightner AI, Trenkner SW, Bruining DH, Fidler JL, VanBuren WM, Menias CO, Reber JD, Fletcher JG. Judging the J pouch: a pictorial review. *Abdom Radiol (NY)* 2019; 44: 845-866

Sterk MFM, Crolla RMPH, Verseveld M, Dekker JWT, van der Schelling GP, Verhoef C, Olthof PB. Uptake of robot-assisted colon cancer surgery in the Netherlands. *Surg Endosc* 2023; 37: 8196-8203

Stoffels B, Glowka TR, von Websky MW, Kalff JC, Vilz TO. Roboterassistierte Operationen in der Viszeralchirurgie [Robot-assisted operations in visceral surgery]. *Chirurg* 2020; 91: 190-194

Syngal S, Brand RE, Church JM, Giardiello FM, Hampel HL, Burt RW. ACG clinical guideline: Genetic testing and management of hereditary gastrointestinal cancer syndroms. *Am J Gastroenterol* 2015; 110: 223-262

Szold A, Bergamaschi R, Broeders I, et al. European association of endoscopic surgeons (EAES) consensus statement on the use of robotics in general surgery. *Surg Endosc* 2015; 29: 253-288

Thüroff JW. Laparoskopische vs. robotische Operationen in der Urologie [Laparoscopic vs. robotic operations in urology]. *Urologe A* 2012; 51: 615-616

van Beekum C, Stoffels B, von Websky M, et al. Implementierung eines Fast-Track-Programmes. *Chirurg* 2020; 91: 143-149

Vasen HF, Möslein G, Alonso A, Aretz S, Bernstein I, Bertario L, Blanco I, Bülow S, Burn J, Capella G, Colas C, Engel C, Frayling I, Friedl W, Hes FJ, Hodgson S, Järvinen H, Mecklin JP, Møller P, Myrhøi T, Nagengast FM, Parc Y, Phillips R, Clark SK, de Leon MP, Renkonen-Sinisalo L, Sampson JR, Stormorken A, Tejpar S, Thomas HJ, Wijnen J. Guidelines for the clinical management of familial adenomatous polyposis (FAP). *Gut* 2008; 57: 704-713

## 10. Erklärung zum Eigenanteil

An dieser Stelle möchte ich allen Personen meinen Dank aussprechen, die mich bei der Arbeit in der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. med. Tim Vilz und meinem ehemaligen Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Burkhard Stoffels durchgeföhrt.

Die Konzeption der Arbeit erfolgte in Zusammenarbeit durch Priv.-Doz. Dr. med. Stoffels. Das für die Analyse verwendete Datenmaterial wurde von mir eigenständig aus dem Krankenhausinformationssystem ORBIS zusammengestellt. Mit den dort gespeicherten Daten war ich aufgrund meiner Vorerfahrungen bereits vertraut.

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte durch mich selbst. Dabei wurde ich beratend durch das IMBIE unterstützt.

Darüber hinaus standen mir mein Doktorvater Prof. Dr. med. Tim Vilz und mein ehemaliger Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Burkhard Stoffels jederzeit beratend zur Seite.

Ich versichere, die Dissertationsschrift selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

## 11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen meinen Dank aussprechen, die mich während meiner Dissertation unterstützt haben.

An erster Stelle gilt mein herzlicher Dank meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med Tim Vitz und meinem ehemaligen Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. med Burkhard Stoffels, für die großartige Unterstützung, umfassende wissenschaftliche Betreuung und die zahlreichen Ratschläge während der gesamten Umsetzung der Dissertation.

Danken möchte ich Herrn Dr. med. Jörg C. Kalff, dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Allgemein-, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie, für die Übertragung dieses interessanten Dissertationsthemas.

Außerdem möchte ich mich bei Herr Jan Speller und Herr Dr. Christian Staerk vom Institut für medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie für die freundliche und kompetente Beratung hinsichtlich der statistischen Auswertung bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinen lieben Eltern die mich auf meinem Weg durch das Studium stets begleitet und unterstützt haben. Danken möchte ich außerdem meinen lieben Freunden Jessica Wirth, Karin Wirth und Nicole Walezko, die mir im Rahmen meines gesamten Studiums und während meiner Dissertation immer zur Seite standen.