

Chirurgische Klinik und Poliklinik der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. J.R. Siewert)

Kombinierte endoluminale-intracavitäre Eingriffe bei
benignen und frühen malignen Tumoren des
Gastrointestinaltrakts

Dirk Wilhelm

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender : Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. H. A. E. J. Feußner
2. Univ.-Prof. Dr. H. Bartels

Die Dissertation wurde am 8.09.2005 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin
am 16.11.2005 angenommen.

Inhaltsangabe

	Seite
1.0 Einleitung	5
1.1 Geschichte der Laparoskopie	6
1.2 Geschichte der endoluminalen Endoskopie	9
1.3 Kombinierte endoluminale / intrakavitären Eingriffen	12
2.0 Fragestellung	14
3.0 Patienten, Methoden	15
3.1 Patienten	15
3.1.1 Gesamtkollektiv	15
3.1.2 Patienten der „matched-pairs“ Analyse	16
3.2 Spezielle kombinierte Operationstechniken	20
3.2.1 Laparoskopisch assistierte endoskopische Resektion (LAER)	20
3.2.2 Endoskopisch assistierte laparoskopische wedge Resektion (EAWR)	20
3.2.3 Endoskopisch assistierte laparoskopische transluminale Resektion (EATR)	21
3.2.4 Endoskopisch assistierte laparoskopische Segmentresektion (EASR)	22
3.3 Evaluation und Optimierung des Arbeitsablaufes	23
3.4 Statistik/Darstellung	24
4.0 Ergebnisse	26
4.1 Verteilung des Gesamtkollektivs	26
4.1.1 Indikationen	27
4.1.2 Operationstechnik/Eingriffsdauer	27
4.1.3 Verlauf/Komplikationen	31
4.1.4 Histopathologische Befunde	33
4.1.4.1 Oberer Gastrointestinaltrakt	33
4.1.4.2 Unterer Gastrointestinaltrakt	35

	Seite
4.2 Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung („matched-pairs“)	36
4.2.1 Vergleichbarkeit der Gruppen	36
4.2.1.1 Geschlecht, Alter und physical status	36
4.2.1.2 Größe der Befunde	37
4.2.1.3 Lokalisation der Befunde	38
4.2.2 Intraoperativer Verlauf	39
4.2.2.1 OP Dauer	39
4.2.2.2 Komplikationen	40
4.2.2.3 Resektatgröße	42
4.2.2.4 Histopathologie	43
4.2.2.5 Lokalisierbarkeit der Befunde	44
4.2.3 Postoperativer Verlauf	45
4.2.3.1 Leukozytose	45
4.2.3.2 Blutverlust	46
4.2.3.3 Klinischer Verlauf	47
4.2.3.4 Kostaufbau/Darmfunktion	48
4.2.3.5 Kreatininkinase	48
4.2.3.6 Analgetikabedarf	49
4.2.3.7 Hospitalisationsdauer/ Intensivstation	49
4.2.3.8 Komplikationen	50
4.3 Evaluierung und Optimierung des Arbeitsablaufs	51
4.3.1 Ausgangssituation	51
4.3.2 Visualisation/Gerätedislozierung	57
4.3.3 Integriertes OP-System	60
4.3.4 Kombiniertes Interventionsarbeitsplatz am Oberen GI Trakt	62
4.3.5 Kombiniertes Interventionsarbeitsplatz am Unteren GI Trakt	63
4.4 Evaluation des integrierten Arbeitsplatzes	64

4.4.1 Vergleichbarkeit beider Gruppen	64
4.4.1 Ergebnisse der Evaluation	64
4.5 Zeitliche Koordination von Laparoskopie und Endoskopie	67
5.0 Diskussion	69
6.0 Zusammenfassung	90
7.0 Literaturverzeichnis	91
8.0 Tabellenverzeichnis	102
9.0 Abbildungsverzeichnis	104
10.0 Abkürzungsverzeichnis	105
11.0 Danksagung	106

1.0 Einleitung

Die Chirurgie steht offensichtlich am Beginn ihrer dritten Phase als eigenständige wissenschaftlicher Disziplin (Siewert 1999). Als erste Phase kann die Ära der stürmischen Entwicklung der Chirurgie zu Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts verstanden werden, die durch die „Eroberung der Anatomie“ geprägt wurde. Diese Phase ist untrennbar verbunden mit Namen wie Billroth, v. Bergmann, Sauerbruch und anderen und ist auch in der populärwissenschaftlichen Literatur ausgiebig gewürdigt worden (Thorwald: Das Jahrhundert der Chirurgen). Innerhalb weniger Jahrzehnte gelang es in dieser ersten Phase, jede Körperhöhle und jedes Organ des menschlichen Körpers chirurgisch erfolgreich anzugehen.

Die folgenden Jahrzehnte wurden durch die wissenschaftlichen Anstrengungen charakterisiert, die Folgen chirurgischer Eingriffe durch geeignete Kompensationstechniken (z. B. Ersatzmagenbildung, Entwicklungen von coloanal Pouches usw.) soweit als möglich zu minimieren und somit nicht nur das Überleben, sondern auch ein Höchstmass an Lebensqualität zu sichern. Dazu gehört auch die Substitution ausgefallener Organe durch die Transplantation oder das große Feld der Endoprothetik.

Spätestens im letzten Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts wurde die dritte große Entwicklungslinie der wissenschaftlichen Chirurgie erkennbar, die mit der „Minimierung des Eingriffstraums“ beschrieben wird. Diese Phase wurde sinnfällig durch den Siegeszug der laparoskopischen Chirurgie eingeleitet. Der Beginn war dadurch gekennzeichnet, dass das Eingriffstrauma so weit als möglich minimiert werden sollte, ohne dass die eigentliche Operationsdurchführung im Vergleich zur offenen, d. h. konventionellen Chirurgie wesentlich verändert wurde. Somit wurde eigentlich nur der Zugang, nicht aber der eigentliche „Kern“ der Operation verändert.

Die eigentliche Herausforderung liegt heute darin, nicht nur den Zugang schonender zu gestalten, sondern auch neue Eingriffstechniken zu finden, die bei zumindest vergleichbarer therapeutischer Effizienz noch einmal schonender als die „minor access“ Varianten konventioneller Eingriffstechniken sind.

1.1 Geschichte der Laparoskopie

Vor etwa 100 Jahren gelang Georg Kelling (1860-1945) 1901 erstmals die Einspiegelung in die Bauchhöhle⁵⁶. Er bezeichnete dieses neue Verfahren als Laparoskopie bzw. Coelioskopie. Der Schüler des renommierten Chirurgen v. Mikulicz setzte dazu ein weiterentwickeltes „Nitze-Leiter-Zystoskop“ ein, um Einblick in die mit Luft gefüllte Bauchhöhle eines Hundes zu gewinnen.

Vorausgegangen waren zahlreiche experimentelle und klinische Ansätze, Körperhöhlen und -öffnungen ohne eine chirurgische Eröffnung zu explorieren. Damit war zwangsläufig die Notwendigkeit verbunden, Licht an den Ort der Untersuchung zu bringen¹⁰⁸. Zu Recht gilt deshalb der Frankfurter Arzt Philipp Bozzini als Begründer der neuzeitlichen Endoskopie, da er erstmals einen Lichtleiter vorstellte, der eine fokussierte, achsengerechte Ausleuchtung von Ohr, Harnröhre und Anus ermöglichte⁹. Die große Bedeutung dieser neuen Technologie wurde jedoch zunächst verkannt. Bozzini bemühte sich in den folgenden Jahren vergeblich um Anerkennung seiner Entwicklung; seine Veröffentlichungen im „Reichsanzeiger“ (1805) und in „Hufelands Journal der practischen Arzneykunde“ (1806) blieben unbeachtet. Viel zu gering war die Lichtausbeute mittels natürlichen Lichts oder, wie bei Bozzini, des Scheins einer Kerze. Ebenso scheiterten diese Instrumente letztlich an der schlechten Abbildungsqualität und der fehlenden Vergrößerung.

Diese entscheidenden Verbesserungen wurden erst mit der Entwicklung des Desormeaux'schen Instrumentes erreicht (1853). Antonin-Jean Desormeaux (1815-1894) gilt deswegen auch als der eigentliche „Vater der Endoskopie“²³. Über Linsen, Umlenkspiegel und mittels einer künstlichen Lichtquelle (Gasogen) konnte mit diesem Instrument die Harnblase eingestellt werden und zahlreiche Erkrankungen des unteren Urogenitaltraktes erstmals beschrieben werden (*De l'Endoscope et de ses Applications*, Paris 1865). Er erhielt in Auszeichnung seiner Verdienste den Argenteuil-Preis der Académie Impériale de Médecine zu Paris.

Eine deutlich verbesserte Ausleuchtung und Abbildung der Harnblase gelang schließlich Maximilian Nitze (1848-1906), der gemeinsam mit Josef Leiter (1830-1892) ein Zystoskop vorstellte, das schon 1886, gerade einmal 7 Jahre nachdem Edison die Glühbirne erfunden hatte, mit einer Mignonlampe ausgestattet war und außerdem über ein Ableseprisma und sowie Mehrlinsensysteme verfügte^{64,81}. Diese Linsensysteme ermöglichten eine Projektion der Abbildung bis in die Augenebene,

die Prismen sorgten für Ablenkung des optischen Strahls. Dadurch konnte das Sichtfeld erheblich erweitert werden.

Nicht zuletzt dem Erfolg dieses Instrumentes ist es zu zuschreiben, dass Theodor Billroth (1829-1894) die diagnostischen Möglichkeiten dieser Technologie erkannte und seinen Schüler J. v. Mikulicz ermutigte, gemeinsam mit J. Leiter ein Ösophagogastroskop zu entwickeln. Mit einem solchen, etwa 65 cm langen, starren Instrument wurden ab 1881 Gastroskopien durchgeführt⁷³, nachdem erste Untersuchungen des Ösophagus (Karl S. Stoerck (1832-1899)) und des Magens (Adolf Kußmaul (1822-1902))⁶¹ in der Zeit von 1860 bis 1868 gelungen waren.

In der Folge kam es dann zu der erwähnten ersten „Coelioskopie“ durch G. Kelling. Den Begriff Laparoskopie hingegen prägte 1910 der Schwede Hans Christian Jacobaeus (1879-1937), der sich unter anderem auch der ersten Ventil-Trokare zum Einbringen eines Nitze-Zystoskops in die Bauchhöhle bediente⁵¹.

Immer neue Anwendungen konnten nun in den nächsten Jahrzehnten für die endokavitäre Endoskopie gefunden werden; in der Urologie, Gynäkologie und der Inneren Medizin war sie bald unverzichtbar¹⁰⁶; die klinische Anwendung war innerhalb Europas mit den Namen Korbsch⁶⁰, Kalk und Cremer verbunden, darüber hinaus mit O.P. Steiner aus Atlanta¹⁰³.

In der Chirurgie nahm die Laparoskopie jedoch nur eine Nischenposition ein, es wurde sogar vor der Abwanderung in solche Gebiete gewarnt, so durch E. Seifert 1929 in der Zeitschrift „Der Chirurg“. Als therapeutische Methode in der Chirurgie fand sie erst ab 1980 Verwendung, etwa durch K. Semm, der die erste laparoskopische Appendektomie durchführte. Cholecystektomien wurden auf diesem Weg erstmals 1986/87 vorgenommen (Mühe/Mouret/Perissat)⁷⁹.

In den vergangenen 2 Jahrzehnten hielt die Laparoskopie nun einen breiten Einzug in die Chirurgie, zahlreiche Eingriffe wurden mittels dieser neuen Methode „minimal invasiv“ vorgenommen. Den Zeiten des anfänglichen Enthusiasmus, in welchen man glaubte, sämtliche Operationen minimal invasiv ausführen zu müssen, folgte die Entwicklung der fundierten, wissenschaftlich begründeten Indikationsstellung.

Nahezu jede benigne Erkrankung in der Visceralchirurgie ist heute prinzipiell dem minimal invasiven Vorgehen zugänglich⁹²; Für die Behandlung des Gallensteinleidens^{46,90,91} und bei der Behandlung der Refluxerkrankung²⁸ hat sich die laparoskopische Vorgehensweise bereits als Standard durchgesetzt und neuere Studien konnten zeigen, dass Vorteile auch bei der Behandlung anderer

Erkrankungen zu erwarten sind (z. B. Sigmadivertikulitis, Rezidivleistenhernie usw.)

13,17,101,104

Gleichzeitig wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, das Indikationsspektrum laparoskopischer Eingriffe weiter auszudehnen und v. a. auch größere onkologische Eingriffe minimal-invasiv durchzuführen. Dabei wurden sehr bald die immanenten technischen Einschränkungen deutlich, die auch heute noch den Einsatz minimal-invasiver Operationstechniken immer begrenzen:

- in der Phase der Präparation müssen immer noch Kompromisse bei der Exposition in Kauf genommen werden; besonders hinderlich ist hierbei der Verlust der taktilen Rückkopplung
- für die Präparatebergung sind meist Hilfsinzisionen erforderlich, die den Vorteil des laparoskopischen Vorgehens zumindest z.T. wieder aufheben
- die laparoskopische Anlage von gastrointestinalen Anastomosen ist nach wie vor problematisch
- eine gegebenenfalls notwendige Lymphadenektomie ist laparoskopisch mit einem hohen Risiko behaftet und technisch außerordentlich anspruchsvoll.

Aber auch bei kleinen, onkologisch unproblematischen Läsionen, die an sich einer lokalen Exzision gut zugänglich wären, stößt die laparoskopische Vorgehensweise häufig an methodische Grenzen:

- die Lokalisation der endoluminal wachsenden Läsionen ist schwierig, insbesondere, wenn derartige Erkrankungen nicht zum freien Peritoneum, sondern zum Meso hin lokalisiert sind (Hinterwand)
- das exakte Resektionsausmaß kann bei endoluminalen Befunden laparoskopisch nur ungenügend eingeschätzt werden, weswegen ein erweiterter Sicherheitsabstand notwendig und somit die Vorteile der limitierten Resektion in Frage gestellt werden. Weiter besteht bei einem solchen Vorgehen die Gefahr einer übermäßigen Lumeneinengung mit der Gefahr der postoperativen Stenosierung
- nach Eröffnung eines Hohlorgans und Resektion der Läsion/Darmwand ist der laparoskopische Wandverschluss nur begrenzt möglich

- weiter treffen die oben genannten Nachteile laparoskopischer Verfahren in der Behandlung großer onkologischer Läsionen (fehlende taktile Rückkopplung usw.), im gewissen Masse auch für kleine, resektable Läsionen zu.

1.2 Geschichte der endoluminalen Endoskopie

Die endoluminale Endoskopie im heutigen Sinn begann um 1868, als Kussmaul in der Medizinischen Sektion der Vereinigung der Naturforscher die erste Gastroskopie am lebenden Menschen vorführte ⁴⁵. Nachdem er die Aktionen eines Schwertschluckers beobachtet hatte, konstruierte er zwei 43 cm lange Tuben, von denen der eine Tubus rund und der andere elliptisch war. Mit diesen Geräten konnte man erstmals Einblick in den Magen nehmen. Wegen der schlechten Sichtverhältnisse aufgrund ungenügender Ausleuchtung, fehlender Optik, sowie des Magenschleims waren die Ergebnisse jedoch unbefriedigend. Er scheiterte somit ebenfalls an technischen Mängeln und v.a. der unzureichenden Ausleuchtung.

Erst nach Einführung des Nitze-Leiter Endoskops, das Prismen, Spiegel und eine elektrische Beleuchtung aufwies, zeigten sich erstmals zufrieden stellende Untersuchungsergebnisse. Im Jahr 1881 baute Josef Leiter zusammen mit Johann von Mikulicz-Radecki ein Gastroskop mit Beleuchtung und Spülung⁵⁷. Das Instrument war im unteren Drittel abgewinkelt und passte sich somit besser den anatomischen Verhältnissen an.

Mikulicz führte außerdem die Untersuchung nicht mehr in Rücken- sondern in Linksseitenlage durch und verabreichte eine Praemedikation (Morphium), was die Untersuchungsbedingungen deutlich verbesserte.

Die ersten Endoskope basierten auf einem starren Rohr, welches in den Magen des Patienten eingeführt wurde. Durch die Verwendung zusätzlicher Kanäle innerhalb des Gastroskops gelang es, Schleim und Sekret abzusaugen und den Magen zu spülen (Jackson, USA, 1905). Sie dienten aber auch der notwendigen Kühlung, da die Gastroskope im Laufe der Untersuchung sehr heiß wurden.

Nach weiteren Entwicklungsstufen, welche beispielsweise aus einem Gummitubus bestanden, der zunächst in den Magen platziert wurde und über den das Gastroskop

eingeführt wurde (1908, Loening und Stieda, Halle), sowie dem Einsatz von Prismensystemen an der Spitze des Gastroskops, welche eine Betrachtung der Cardia in einer Art Rückwärtsblick ermöglichten (1910, Elsner), gelang der nächste Meilenstein erst 1931. Damals stellte Rudolf Schindler ein halbflexibles Endoskop des Apparatebauers Richard Wolf vor, das der Magenspiegelung schließlich zu ihrem entscheidenden Durchbruch verhalf. In der vorderen Hälfte war dieses Gerät, aus einer gummiummantelten Bronzespirale bestehend, so weit biegsam, dass es sich ohne größere Mühe dem Verlauf von Rachenraum, Speiseröhre und Magen anpasste. Durch ein ebenfalls neues Linsensystem gelang es, dieser Gerätebiegung optisch zu folgen.²²

1931 verbesserte Henning dieses Gerät; der Blickwinkel wurde von 60° auf 90° erweitert und der Außendurchmesser vermindert. Durch das Anbringen von weichen Gummibällchen an der Endoskopspitze, die als Stoßpuffer dienten, wurde außerdem die Perforationsgefahr vermindert.

1958 wurde auf dem 1. Weltkongress für Gastroenterologie das erste vollflexible Glasfaser-Endoskop von Hirschowitz vorgestellt⁴⁵. Es basierte dabei auf der 1870 von John Tyndall gemachten Entdeckung, dass Licht dem Weg eines fließenden und gekrümmten Wasserstroms folgt. Das nach wie vor bestehende Problem der geeigneten Lichtquelle konnte mit der Erfindung des Kaltlichts 1962 durch Karl Storz gelöst werden.

Die im Folgenden vorgenommenen Verbesserungen betrafen die Flexibilität, die Abbildungsqualität und die Größe der Endoskope und schließlich die Einführung der flexiblen Videoendoskopie. Damit wurde auch die endoluminale Endoskopie „teamfähig“: Durch den gemeinsamen Einblick in den Situs wurde jetzt die gezielte Mitwirkung von assistierenden Ärzten oder Schwestern möglich. Parallel dazu vollzog sich der Wandel von einer rein diagnostischen zur einer interventionell-therapeutischen Methode.

Beginnend mit Schlingenexcisionen polypoider Läsionen wurde das Eingriffsspektrum rasch erweitert¹²³. Die transpapilläre Behandlung von Gallengangssteinen, die Passagewiederherstellung im Gastrointestinaltrakt durch Bougierung und Stenteinlage oder die endoskopische Mukosaresektion seien hier nur als Beispiele für eine beeindruckende Entwicklung genannt, die möglicherweise erst am Anfang einer stürmischen technischen Optimierung steht.

Dennoch gelten auch für die endoluminale Endoskopie immer noch spezifische technische Limitationen, die den Indikationsbereich interventioneller Maßnahmen einschränken:

- nicht ganz selten sind einzelne Läsionen auf Grund ihrer speziellen Lokalisationen zwar einsehbar, aber dennoch endoskopisch nicht abtragbar
- da bisher noch kein zuverlässiges Verfahren für einen endoluminalen Defektverschluss zu Verfügung steht, müssen transmurale Resektionen streng vermieden werden
- breitbasige Läsionen eignen sich häufig ebenfalls nicht für eine endoskopische Vorgehensweise, selbst wenn die onkologisch sicher fragwürdige Technik der „piece meal“ Resektion gewählt wird.
- Die Methodik der endoluminalen Blutstillung ist zwar verhältnismäßig weit entwickelt, aber genügt noch immer nicht dem für ausgedehnte Eingriffe erforderlichen chirurgischen Standard

In den kommenden Jahren kann zwar auch hier mit erheblichen Verbesserungen gerechnet werden. Ähnlich wie bei der intrakavitären (laparoskopischen/thorakoskopischen) Endoskopie werden aber weiterhin noch erhebliche methodenimmanente Einschränkungen bestehen bleiben, die das Potential der intraluminalen therapeutischen Intervention einschränken.

1.3 Kombinierte endoluminale / intrakavitäre Eingriffe

In der Zusammenschau des therapeutischen Potentials von endokavitären und endoluminalen Behandlungsoptionen, aber auch ihrer spezifischen Limitationen drängt sich der Gedanke geradezu auf, beide Verfahren miteinander zu kombinieren und durch eine gegenseitige Kompensation der methodenimmanenten Schwächen das Einsatzspektrum zu erweitern. (Abb.1)

Laparoskopie	Endoskopie
<ul style="list-style-type: none">▪ Exakte Lokalisation des Befundes schwierig▪ Eingeschränkte Freiheitsgrade bei der therapeutischen Manipulation	<ul style="list-style-type: none">▪ Zugangsproblem (z.B.Dünndarm)▪ Nur oberflächliche, zirkumskripte Läsionen behandelbar▪ Unzureichende Blutstillungsmöglichkeiten▪ Gewebsadaption nur sehr eingeschränkt möglich

Abb. 1 Limitationen minimal-invasiver Verfahren am Beispiel der Laparoskopie und der Endoskopie

Die wohl erste Beschreibung eines kombinierten, laparoskopisch-endoskopischen Vorgehens zur Therapie gastrointestinaler Erkrankungen erschien 1992⁷⁴. Es wurde die laparoskopische Übernähung eines blutenden Ulkus Dieulafoy unter gleichzeitiger endoskopischer Kontrolle beschrieben; in der Folge kam es zu einer Reihe weiterer Publikationen, welche eine solche Intervention für andere Krankheitsentitäten und Lokalisationen im Bereich des GI-Traktes beschrieben. Dabei standen anfangs Eingriffe am Magen im Vordergrund, nicht zuletzt wohl wegen der guten Zugänglichkeit und der günstigen Wandstruktur.

Relativ bald wurden aber auch Eingriffe am Kolon beschrieben⁹³. Duodenum¹¹⁰ und Ösophagus⁹⁵ folgten hingegen erst am Ende des vergangenen Jahrhunderts. Dabei wurde entweder das laparoskopische Vorgehen unter endoskopischer Assistenz oder ein primär endoskopisches Vorgehen unter laparoskopischer Kontrolle mit Erfolg versucht und publiziert^{5,29}.

Aus der Sicht des (minimal-invasiven) Chirurgen kann durch die simultane flexible Endoskopie eine Reihe von Vorteilen resultieren. So gestattet die endoskopische

Kontrolle eine exakte Lokalisation des Befundes, der Endoskopiker kann Lage und Größe der Läsion dem Operateur demonstrieren und somit das notwendige Resektionsausmaß abschätzen. Bei der anschließenden Resektion kann er gemeinsam mit dem Chirurgen den geeigneten Zugangsweg wählen und hierdurch bei der Verfahrenswahl mitwirken. Während der Resektion des Befundes durch den Chirurgen kann er nochmals die Wahrung des Sicherheitsabstandes kontrollieren und einer übermäßigen Stenosierung vorbeugen. Es besteht weiter die Option der endoluminalen Präparatebergung und zusätzlich kann der Endoskopiker nach erfolgter Resektion den Wandverschluss auf Dichtigkeit überprüfen.

Ob diese postulierten Vorteile aber tatsächlich einen wirklichen Gewinn in der praktisch-klinischen Versorgung darstellen, ist bisher noch nicht ausreichend belegt. Zudem darf nicht außer Acht gelassen werden, dass der Einsatz des zusätzlichen Instrumentariums innerhalb des Op-Saales sowohl einen erhöhten technischen Aufwand als auch erhebliche weitere Kosten bedingt. Der ganz erhebliche Mehraufwand wäre nur dann zu rechtfertigen, wenn entweder ein Zugewinn an Patientenkomfort, kürzere Hospitationszeiten oder ein besserer postoperativer Outcome des Patienten, verglichen mit den bisher bei diesen Erkrankungen eingesetzten konventionellen Verfahren, nachweisbar wären.

Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, die Datenlage zu verbessern und im Vergleich zu konkurrierenden konventionellen Verfahren eine objektive Entscheidungshilfe liefern.

2.0 Fragestellung

Zahlreiche Arbeiten beschreiben die Anwendung kombinierter Verfahren in der Therapie verschiedener Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes. Es handelt sich dabei jedoch zum einen in der Mehrheit um Einzelfallberichte und Beschreibungen mit sehr kleinen Fallzahlen, zum anderen fehlt bis dato eine vergleichende Evaluation, welche den Nutzen und direkten Vorteil eines solchen Vorgehen überprüft.

In der vorliegenden Arbeit soll daher überprüft werden

- a) Ob die Durchführung von endoluminal / intrakavitären Kombinationseingriffen für alle Abschnitte des Gastrointestinaltrakts möglich ist
- b) welche technischen und organisatorischen Voraussetzungen dafür gegeben sein müssen
- c) ob die Durchführung der so genannten kombinierten Eingriffe unter Berücksichtigung der Ergebnisqualität und auch unter ökonomischen Aspekten vertretbar ist
- d) welche Indikationsbereiche für die Kombinationseingriffe besonders geeignet sind.

Es wird dabei von der Hypothese ausgegangen, dass eine möglichst sparsame lokale, minimal-invasiv durchgeführte Exzision von onkologisch unbedenklichen Läsionen des Gastrointestinaltrakts prinzipiell günstiger als eine konventionell, offene (Segment-) Resektion ist.

3.0 Patienten, Methoden

3.1. Patienten

Die vorliegende Arbeit umfasst die Auswertung aller im Zeitraum zwischen 1994 bis 2003 kombiniert endoskopisch-laparoskopisch operierten Patienten.

Anhand dieses Patientenguts werden die Indikationsstellung für kombinierte Verfahren, der Behandlungsaufwand und die Therapieergebnisse überprüft. Darüber hinaus wurde im Rahmen dieser Eingriffe eine Evaluation des kombinierten Interventionsarbeitsplatzes und der notwendigen technischen und organisatorischen Voraussetzungen vorgenommen.

Zusätzlich wurde versucht, die Ergebnisse des minimal-invasiven Vorgehens mit denen nach konventionell-offenem Eingriff zu vergleichen. Zu diesem Zweck wurde eine matched-pairs Analyse durchgeführt, die einen Vergleich der Kombinationseingriffe mit dem konventionellen Vorgehen zulässt. Da aufgrund der notwendigen Auswahlkriterien und des Beobachtungszeitraums eine Vielzahl der Patienten für den direkten Vergleich ausschied, erklärt sich eine deutlich reduzierte Kollektivgröße. Diese Subgruppe ist unter 3.1.2. beschrieben.

3.1.1. Gesamtkollektiv

Innerhalb des Gesamtzeitraums wurden insgesamt 183 Patienten kombiniert laparoskopisch-endoskopisch therapiert, wobei 177 Patienten einem endoskopisch assistierten, laparoskopischen Verfahren zugeführt werden konnten und 6 Patienten einem laparoskopisch assistierten, endoskopischen Verfahren. Alle Patienten waren zuvor von erfahrenen Gastroenterologen bzw. Endoskopikern untersucht worden. Diese stellten die Indikation zur kombinierten Vorgehensweise. Alle Befunde waren primär nicht endoskopisch sanierbar, bzw. das damit verbundene Risiko war als zu groß eingestuft worden.

Die Zuweisung zur chirurgischen Klinik erfolgte entweder durch niedergelassene Gastroenterologen, oder aber hausintern über die II. Medizinische Klinik des Klinikum r.d. Isar der TU München.

Die konkrete technische Vorgehensweise wurde letztendlich erst intraoperativ in gemeinsamer Abstimmung zwischen dem Chirurgen und dem Endoskopiker festgelegt. Die beteiligten Endoskopiker waren Mitarbeiter der II. Medizinischen Klinik des Klinikums bzw. endoskopisch versierte Chirurgen

3.1.2 Patienten der „matched-pairs“ Analyse

In die Vergleichsgruppe wurden diejenigen Patienten aufgenommen, die nach Einführung der kombinierten Operationstechniken am Klinikum rechts der Isar bis zum 31.12.2001 in dieser Technik operiert wurden. Der erste laparoskopisch-endoskopisch kombinierte Eingriff am Klinikum erfolgte 1994; ab diesem Zeitpunkt wurden bis zum Abschluss der Datenerfassung (31.12.2001) insgesamt 129 Patienten aufgrund primär benigner Läsionen des Gastrointestinaltrakts kombiniert operiert. Alle Patienten waren zuvor endoskopisch untersucht worden und eine rein endoskopische Therapiemöglichkeit daraufhin ausgeschlossen worden.

Als Vergleichsgruppe wurde ein zweites Patientenkollektiv erstellt, welches bei gleicher Indikation bzw. gleichem Krankheitsbild konventionell offen operiert worden war. Hierzu wurden geeignete Fälle aus dem eigenen Patientengut ausgewählt, die innerhalb von 10 Jahre, zwischen 1990 und 2000, bei gleicher Erkrankung auf konventionelle Weise operiert worden waren; der gewählte Zeitraum erklärt sich aus der Tatsache, dass ab 1990 Patienten durch das klinikinterne Informationssystem MEDOS digital erfasst wurden und somit für eine Computer basierte Abfrage verfügbar waren. Nach 2000 erfolgte der weitgehend routinemäßige Einsatz der kombinierten Verfahren, so dass seit dieser Zeit nur noch wenige Patienten konventionell versorgt wurden.

Für den statistischen Vergleich wurde eine matched-pairs Analyse vorgenommen. Um eine möglichst hohe Aussagekraft innerhalb der Analyse zu erreichen, erfolgte eine eins zu eins Zuordnung der Fälle.

Für die Zuordnung innerhalb der matched-pairs Analyse wurden dabei streng definierte Auswahlkriterien beachtet, um vergleichbare Gruppen zu bilden. Zu diesem Zweck wurden alle Patienten, die in dem benannten Zeitraum aufgrund einer gutartigen Erkrankung des Gastrointestinaltrakts operativ behandelt worden waren (Aufnahmediagnose ICD 10.0 – 211.x als primäres Suchkriterium), in eine Liste

aufgenommen, welche neben üblichen Identifikationsdaten (Name, Geburtsdatum, Geschlecht), die für die Zuordnung benötigten Daten enthielt.

Für die Zuordnung wurden folgende Kriterien herangezogen:

- **Geschlecht**

- **Alter zum Zeitpunkt der Operation**

Es wurden zunächst Altersklassen gebildet, wobei die ersten beiden Gruppen Patienten im Alter von 0 bis 20 und 21 bis 40 Jahren beinhalteten, ältere Patienten wurden in Gruppe, die jeweils eine Altersspanne von 10 Jahren umfassten, eingeteilt. Die asymmetrische Gruppengröße schien aufgrund der in jüngeren Jahren geringeren Unterschiede hinsichtlich des Operationsrisikos gerechtfertigt.

Innerhalb dieser Altersklassen wurde wiederum eine möglichst genaue Zuordnung zu den vorgegebenen Fällen angestrebt.

- **physical status score der American Society of Anaesthesiologists (ASA)**

Diese Einteilung beinhaltet neben dem Alter weitere, die allgemeine Operabilität betreffende Faktoren wie etwa kardiovaskuläre und systemische Erkrankungen.

- **Organlokalisierung der Läsion**

Einbezogen wurden Befunde an Ösophagus, Magen, Duodenum/Dünndarm sowie Colon. Innerhalb dieser Unterteilung wurde zusätzlich die exakte Lokalisation der Läsion (mesenterial, antimesenterial etc.) berücksichtigt.

- **Histologischer Befund**

Hier wurde besonders Wert auf die Vergleichbarkeit der Dignität und des Gradings gelegt, da diese ggf. Einfluss auf das Resektionsausmaß haben.

- **Größe der Befunde**

Als Grundlage diente hierbei der beschriebene Durchmesser der jeweiligen Befunde, wie er im Bericht des Pathologen aufgeführt wurde. Wenn im histopathologischen Befund kein Durchmesser, sondern eine Grundfläche angegeben war, wurde auf einen entsprechenden, die gleiche Fläche beschreibenden Durchmesser umgerechnet.

Entsprechend diesen Kriterien wurden aus dem insgesamt 371 Patienten umfassenden konventionell operierten Patientengut und dem kombiniert versorgten Kollektiv, geeignete Partner ausgewählt. Dies gelang in 45 Fällen, in denen alle

Kriterien der Zuordnung erfüllt waren und die in Folge für die weitere Datenerfassung ausgewertet wurden.

Um einen Selektionsunterschied auszuschließen, wurden für den Vergleich nur Patienten aus dem Zeitraum vor dem routinemäßigen Einsatz der kombinierten laparoskopisch/endoskopischen Verfahren zur Bildung der konventionellen Gruppe herangezogen. Nach paarweiser Zuordnung wurden die für den Vergleich benötigten Daten erfasst und folgende Parameter ausgewertet:

Intraoperative Auswertungskriterien:

- Dauer des Eingriffs, d.h. der Zeitraum zwischen Hautschnitt und Hautnaht; dieser Wert wurde dem Operationsprotokoll entnommen
- Größe des Exzidates bzw. Resektates. Im Falle einer segmentalen Resektion, z.B. Kolonsegment, wurde die Länge des entfernten Segmentes, entsprechend der makroskopischen Beschreibung, erfasst und für die Auswertung übernommen
- Vollständigkeit der Resektion (Resektionsstatus: R0, R1, R2) des Präparates, wie er im histologischen Befund beschrieben ist
- Perioperative Komplikationen. Alle dokumentierten Komplikationen wurden nach der so genannten Kölner-Klassifikation hinsichtlich ihrer Schwere bewertet ¹¹¹. Hierbei werden zum Teil auch postoperativ aufgetretene Komplikationen erfasst, welche direkte Folge des operativen Eingriffs sind

Die Kölner Klassifikation unterscheidet dabei 5 Klassen an Komplikationen, wobei die Klasse I keine Komplikationen beinhaltet, Klasse II intraoperative, chirurgisch-technische Probleme umschreibt, die jedoch in keinen Nachteil für den Patienten resultierten. Klasse III beinhaltet operationsbedingte Nachteile für den Patienten (Hämatom), die jedoch nicht auf ein chirurgisch-technisches Problem zurückzuführen sind. Diese wiederum entsprechen der Klasse IV, welche operationstechnisch bedingte Nachteile für den Patienten umfasst. Letale Ausgänge wiederum fallen in die Klasse V.

Zusätzlich wurden die Art und Weise erfasst, mit welcher intraoperativ der Befund lokalisiert werden konnte.

Postoperative Auswertungskriterien:

- Häufigkeit und Dauer der intensivmedizinischen Betreuung
- Drainagedauer und Menge des aufgefangenen Sekretes.
- Zeitraum bis zum Beginn des Kostaufbaues
- Entzündungsparameter
- Schmerzmedikation
- Blutverlust/Transfusionsbedarf
- Postoperative Komplikationen differenziert nach allgemeinen und eingriffsspezifischen Komplikationen
- Hospitalisationsdauer

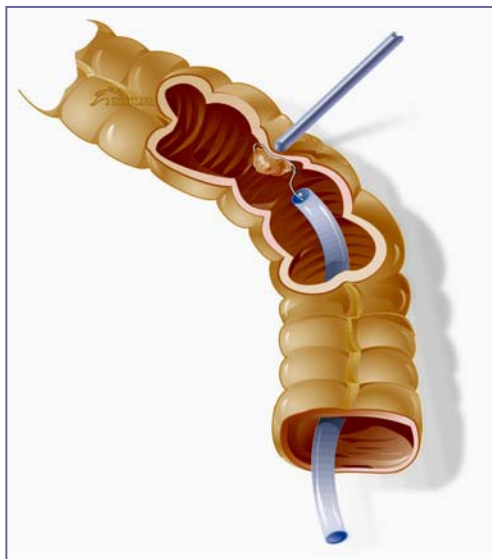
Alle bisher genannten Parameter wurden der während des stationären Aufenthalts angefertigten Patientendokumentation (Patientenkurven) entnommen. Zusätzlich wurden folgende Laborparameter ausgewertet:

- Leukozytose
- Operationsbedingter Blutverlust, definiert als Differenz zwischen unmittelbar prä- und postoperativen Hämoglobinwert. Es wurde davon ausgegangen, dass auch wenn dieser Wert eine Abhängigkeit vom Hydrationszustand des Patienten aufweist, der Hämoglobinwert den in der klinischen Versorgung beachteten Wert darstellt und eventuelle Verfälschungen sich in beiden Gruppen gleich ausprägen werden (intraoperativ erfolgte Transfusionen wurden selbstverständlich berücksichtigt). Es wurde weiter davon ausgegangen, dass nach erfolgter, postoperativer Kreislaufstabilisierung und damit Rehydrierung des Patienten der Hämoglobinwert durchaus den Blutverlust widerspiegelt. Dies korreliert auch mit den „Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“ der Bundesärztekammer; weiter wurde dieses Vorgehen zur Abschätzung des operativ bedingten Blutverlustes bereits zuvor in der Literatur angewandt^{11,96}.
- Es erfolgte eine graphische Auswertung der Verläufe von Temperatur, Leukozytenanzahl und Kreatinkinase als Hinweis auf die operativ bedingte klinische Belastung

3.2 Spezielle kombinierte Operationstechniken

Insgesamt wurden vier unterschiedliche Eingriffstechniken angewendet, die im Wesentlichen bereits in der Literatur beschrieben wurden, jedoch in Einzelschritten zum Teil erheblich modifiziert wurden.

3.2.1 Laparoskopisch assistierte endoskopische Resektion (LAER)



In geeigneten Fällen können Befunde, die endoskopisch nicht eingestellt werden können oder deren endoskopische Resektion mit einem hohen Perforations- oder Blutungsrisiko verbunden ist, unter laparoskopischer Assistenz von endoluminal abgetragen werden.

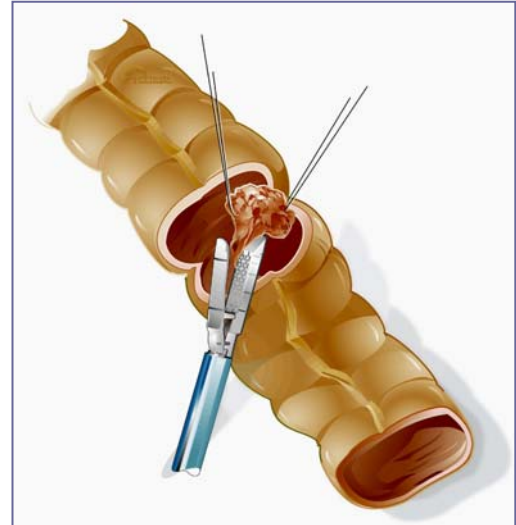
Abb. 2a Laparoskopisch assistierte, endoskopische Resektion (LAER)

Die laparoskopische Assistenz vermag hierbei zum einen die Exposition der Läsion zu verbessern, was häufig die endoskopische Resektion erst ermöglicht; zum anderen dient die Laparoskopie dazu, eine unbemerkte Perforation zu visualisieren oder dieser durch zusätzliches Übernähen vorzubeugen. Ist es zu einer Perforation gekommen, kann diese in der Regel sofort laparoskopisch angegangen werden.

3.2.2 Endoskopisch assistierte laparoskopische tangentielle Resektion (wedge Resektion, EAWR)

Ist die Läsion auf einen kleinen Teil der Zirkumferenz begrenzt und ist sie zudem antimesenterial bzw. zum Laparoskopieur hin orientiert, so ist eine tangentielle, bzw. wedge Resektion möglich, bei welcher ohne Eröffnung des Lumens der Befund mitsamt der angrenzenden Organwand mit dem Stapler abgesetzt wird. Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist allerdings, dass ein ausreichend großes Restlumen erhalten werden kann, dass eine einwandfreie Darmpassage gewährleistet.

Abb. 2b Endoskopisch assistierte, laparoskopische tangentielle Resektion (wedge resection) (EAWR)



3.2.3 Endoskopisch assistierte laparoskopische transluminale Resektion (EATR)

Sind obige Kriterien bezüglich Größe und Resektabilität gegeben, der Befund jedoch eher zur mesenterialen, bzw. der mesocolischen Seite der Zirkumferenz hin orientiert, so muss die Resektion durch die Organwand hindurch erfolgen. Hierzu wird zunächst das Lumen scharf eröffnet und in Folge der Befund transluminal exziiert oder wenn möglich tangential abgesetzt. Die Hilfsinzision wird dann wieder mit einem linearen Klammernahtapparat verschlossen.

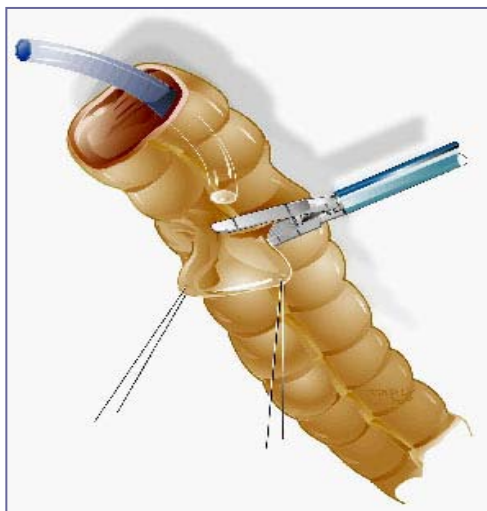


Abb. 2c Endoskopisch assistierte, transluminale Resektion (EATR)

Ein solches Vorgehen kann auch gewählt werden, wenn es sich um einen größeren Befund handelt, der sich auf der dem Operateur zugewandten Organseite befindet, eine tangentielle Abtragung ohne Lumeneröffnung jedoch zu unpräzise und mit einem zu großen

Wandverlust einherginge, wodurch die Passage gefährdet wäre.

3.2.4 Endoskopisch assistierte laparoskopische Segmentresektion (EASR)

Diese ist nur im Dickdarmbereich oder in den einspiegelbaren Dünndarmabschnitten sinnvoll. Indikation hierfür sind Befunde, welche die Kriterien für die oben genannte OP-Technik nicht erfüllen, insbesondere, wenn die Läsion zirkulär wachsend ist und das Restlumen nach Resektion nicht mehr für eine regelrechte Passage ausreichend erscheint. In diesen Fällen muss dann eine tubuläre Resektion durchgeführt werden.

Nach erfolgter Resektion ist eine Reanastomosierung der verbliebenen Stümpfe notwendig, welche im Rektosigma über einen peranal eingebrachten Zirkularstapler (Abb. 2d) erfolgen kann. In den weiter proximal gelegenen Dickdarmabschnitten wird ansonsten eine Minilaparotomie für die Reanastomosierung notwendig, was den Wert des minimal-invasiven Vorgehens schmälert.

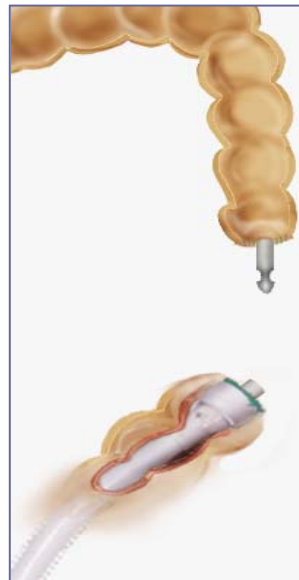
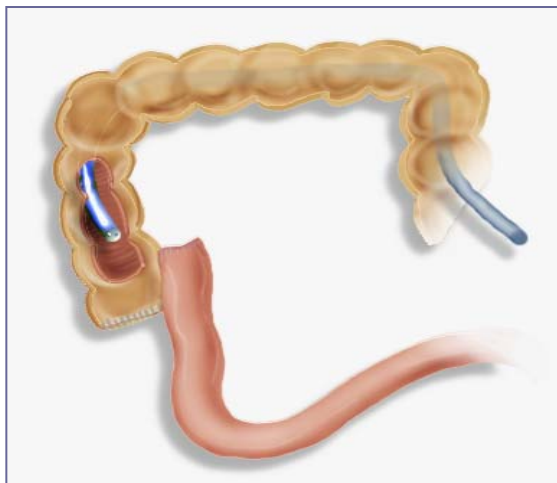


Abb. 2d Endoskopisch assistierte Segment-Resektion (EASR)
Die Anastomosierung kann meist durch einen peranal eingebrachten CEA Stapler erfolgen.



Im Bereich des Ileocoecalpols wiederum ist nach Resektion des Pols und Verschluss der Darmenden auch eine Seit-zu-Seit Ileoascendostomie möglich (Abb. 2e).

Abb. 2e Endoskopisch assistierte Segmentresektion am Ileocoecalpol

3.3 Evaluation und Optimierung des Arbeitsablaufes

Die Einführung der dargestellten kombinierten Eingriffstechniken – die in der Anfangszeit zudem immer wieder modifiziert werden mussten – stellte an alle Beteiligten (Chirurgen, Assistenzpersonal, Endoskopiker, Anästhesisten) besondere Herausforderungen. Neben zahlreichen weiteren Detailproblemen bereiteten zwei Aspekte besondere Schwierigkeiten:

- a) die zeitliche Koordination von Endoskopie und Chirurgie
- b) die räumliche Integration von OP-Team und Ausrüstung, sowie die Schnittstellengestaltung für die Gerätebedienung

Insgesamt wurden recht umfangreiche strukturelle und organisatorische Änderungen erforderlich, bis die neuen Operationstechniken tatsächlich Bestandteil der chirurgischen Routineversorgung wurden.

Da die Akzeptanz eines neuen Interventionsverfahrens und dessen Anwendung stark vom betriebenen Aufwand abhängen, wurde im Rahmen der Arbeit eine Optimierung des Arbeitsumfelds angestrebt, wobei eine permanente Bewertung der aktuellen OP Umgebung als Orientierung diente.

Begonnen wurde in einem herkömmlichen Operationssaal, in dem zusätzlich zu einer laparoskopischen Einheit ein endoskopischer Trolley eingesetzt wurde. Diese Basiskonfiguration wurde schrittweise optimiert. Der Prozess konnte schließlich mit der Einrichtung eines vollständig integrierten, interdisziplinären OP Arbeitsplatzes abgeschlossen werden

Der allgemeine Arbeitsablauf im OP wurde prospektiv dokumentiert und das Verbesserungspotential kontinuierlich in der Diskussion mit Ingenieuren bzw. Entwicklern der Medizintechnik überprüft. Ebenso wurden Verbesserungsvorschläge und – Wünsche der Anwender (Chirurgen, Endoskopiker, Assistenzpersonal) erfasst und soweit möglich umgesetzt. Nach Ablauf dieser Evaluation wurde der Operationsablauf in einem Zeitraum von 6 Monaten bei insgesamt 100 laparoskopischen Routineeingriffen und im Vergleich zwischen dem konventionellen und dem optimierten, integrierten OP, von einem unabhängigen Untersucher anhand eines standardisierten Fragebogens protokolliert. In diesem Fragebogen wurden

neben diversen Identifikationsparametern (Datum, Operation, OP-Team) folgende Angaben erfasst.

1. Einsatzdauer der laparoskopischen OP Einheit, unterteilt in Aufbau/Upset, OP Betrieb und anschließendem Abbau/Reset
2. Art und Anzahl vorgenommener Einstellungen an der Einheit, jeweils getrennt für die unterschiedlichen Akteure (Operateur, OP-Schwester, Assistent)
3. Gesamtdauer der Inanspruchnahme von Hilfspersonal
4. Art und Anzahl der technischen Störfälle, zusätzliche Bewertung hinsichtlich der Behebungsmöglichkeit
5. Subjektive Benotung der Funktionalität/Anwenderfreundlichkeit je Eingriff (die Bewertung erfolgte postoperativ in kategorischer Form von 1 sehr gut bis 4 nicht zufrieden stellend)

Der Untersucher durfte dabei nicht selbst in den Arbeitsablauf eingreifen. Die Verteilung der Patienten bzw. der Eingriffe auf das konventionelle bzw. das integrierte System erfolgte abhängig von der Zuweisung zu dem betreffenden OP-Saal, in dem die unterschiedlichen Ausrüstungssysteme aufgebaut waren und konnte als zufällig angenommen werden. Alle Eingriffe wurden ausschließlich durch einen Operateur bzw. unter dessen unmittelbaren Assistenz durchgeführt, sodass eventuell vom Operateur abhängige Unterschiede ausgeschlossen wurden.

Im zentralen Interesse der Evaluation stand die Auswirkung der integrierten OP Kontrolle auf den Arbeitsablauf, was durch den direkten Vergleich des konventionellen mit dem integrierten OP System erfasst wurde.

3.4 Statistik/Darstellung

Für die statistische Auswertung im Rahmen der vergleichenden Evaluation wurde SPSS für Windows 11.0.0. verwendet, als statistische Teste wurden der unabhängige t-Test für normal verteilte Daten, sowie der Mann-Whitney Test im Falle von kleinen Stichproben und nicht normal verteilten Daten angewandt. Ordinale Daten wurden unter Verwendung des chi-square Tests überprüft. Eine Wahrscheinlichkeit von $p=0.05$ wurde als signifikant angenommen. Die graphische

Auswertung erfolgte mit SPSS for Windows 11.0.0., sowie Microsoft Excel / Office XP. Die Umsetzung und Visualisation des 3-D Modells wurde aus dem in 3D StudioMax (Discreet, Autodesk/Canada) erstellten 3D Datensätzen mittels des integrierten Rendering Algorhythmus „Mental Ray“ umgesetzt.

4. Ergebnisse

4.1 Verteilung des Gesamtkollektives

Es konnte gezeigt werden, dass prinzipiell alle Lokalisationen des Gastrointestinaltrakt kombiniert angebar sind, vorausgesetzt, die Läsion befindet sich innerhalb des flexibel-endoskopisch einspiegelbaren Bereichs, also proximal des Treitz'schen Bandes, bzw. distal des ileocoecalen Übergangs.

Am häufigsten wurden Eingriffe am Colon durchgeführt, gefolgt von Eingriffen am Magen (Abb.3).

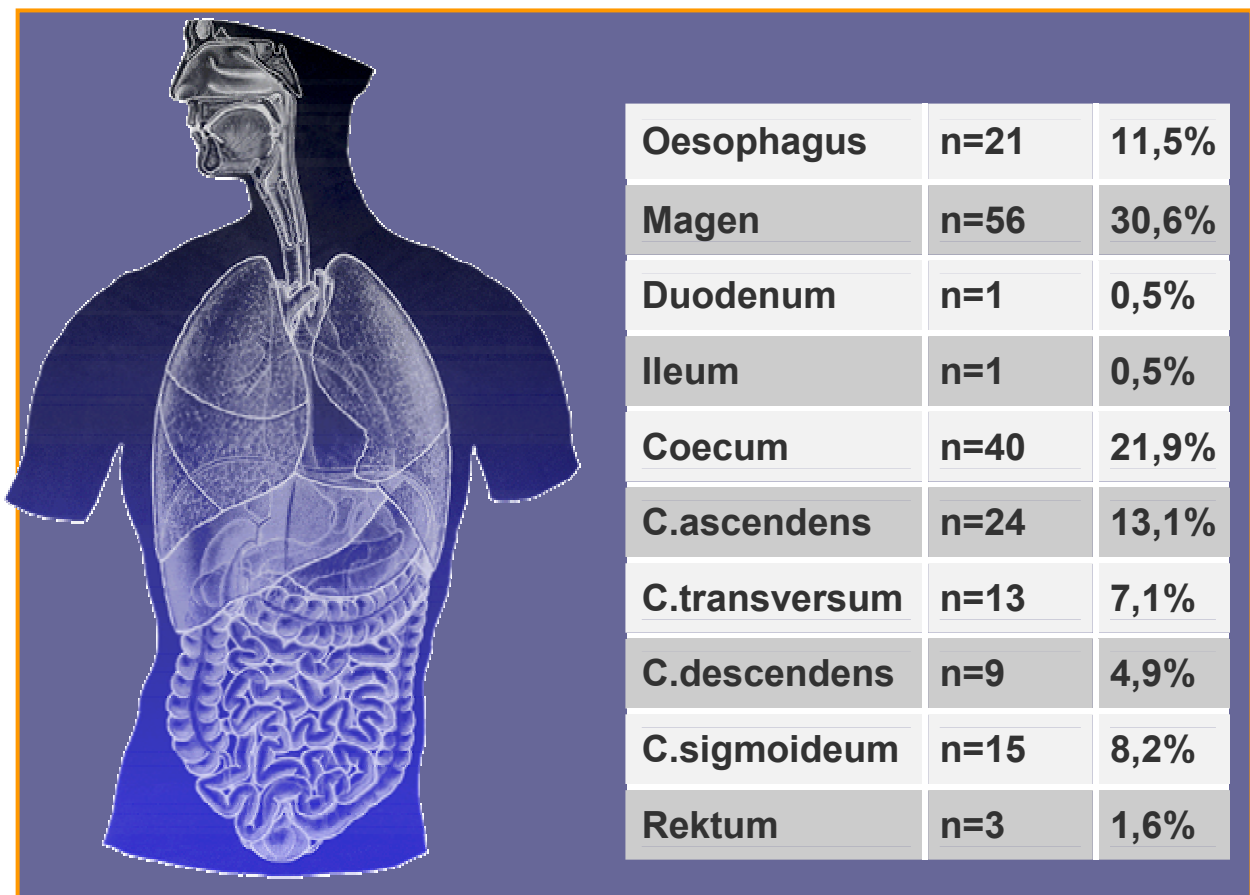


Abb. 3 Verteilung kombiniert durchgeführter Eingriffe am Gastrointestinaltrakt

Die Eingriffsfrequenz nahm ab 1997 kontinuierlich zu mit einem Maximum im Jahre 2001 und fiel danach wieder leicht ab. Erst im Jahre 2004 kam es wieder zu einem Anstieg der Behandlungszahlen. Dieser Bereich liegt jedoch außerhalb des Beobachtungszeitraums der Untersuchung.

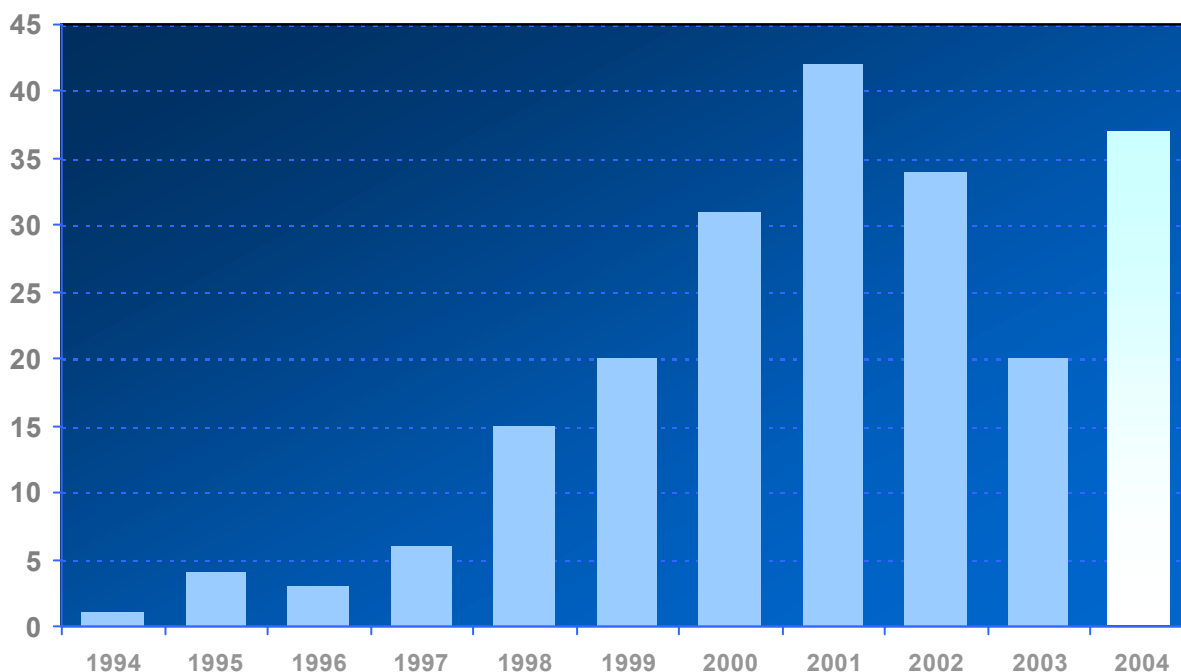


Abb. 4 Eingriffszahlen kombinierter Interventionen im Jahresüberblick bis 2004

4.1.1 Indikationen

Die Indikation zu einer kombinierten Vorgehensweise bestand ösophageal, wenn eine benigne intramurale Raumforderung vorlag. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten handelte es sich dabei vorrangig um gastrointestinale Stromatumoren (GIST) mit meist leiomyomatöser oder mesenchymaler Differenzierung. Gleiches gilt für Läsionen des Magens, wobei sich neben den benannten stromalen Tumoren außerdem Adenome, sowie ektop wachsende Entitäten fanden. Im Bereich des Colons fanden sich zumeist Adenome mit polypöser oder flach sessiler Wachstumsform, die endoskopisch nicht abtragbar waren. Zusätzlich fanden sich entzündliche Alterationen der Darmwand, Lipome, Endometrioseherde und andere, seltene Befunde.

4.1.2 Operationstechnik/ Eingriffsdauer

Am häufigsten wurden mit **55,74%** (102/183) so genannte, tangentielle Resektionen vorgenommen (EAWR), gefolgt von transluminalen Resektionen, die einen Anteil von **22,40%** umfassten (41/183). Allein mit diesen beiden Verfahren konnten somit gut

drei Viertel der Patienten therapiert werden. Das verbleibende Viertel umfasst kombiniert durchgeführte Segmentresektionen (EASR **13,66%** (25/183)), sowie sonstige individuelle Eingriffstypen, welche im Weiteren erläutert werden.

Hierbei handelt es sich einmal um die laparoskopisch assistierten, endoskopischen Verfahren (LAER), die jedoch nur selten zum Einsatz kamen (**3,27%** (6/183)), sowie um „Mischtypen“ des rein laparoskopisch-endoskopischen Verfahrens mit halboffenen Methoden, z.B. wenn nach begonnener laparoskopischer Mobilisierung die weitere Präparation und Reanastomosierung über einen kleinen Bauchschnitt (Minilaparotomie) erfolgte; aber auch die Konversionen fallen in diese Gruppe (**4,93%** entsprechend 9/183).

Die jeweiligen Verfahren variieren in Ihren Anteilen nochmals deutlich in Abhängigkeit von der Lokalisation der Läsion; so werden am Magen nahezu aus-

schließlich tangentielle und transluminale Resektionen durchgeführt (**Abb. 5a**), wohingegen am Colon eine Vielzahl verschiedener Techniken zum Einsatz kommt. (**Abb. 5b**)

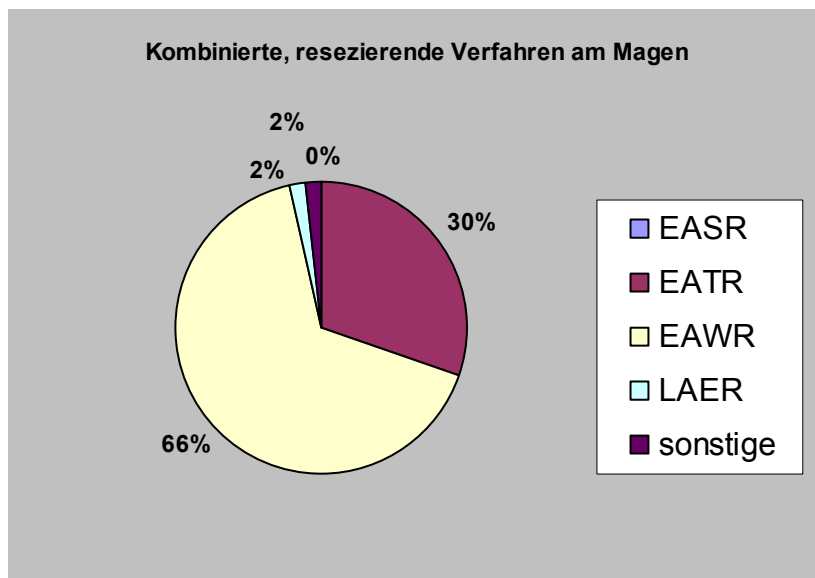


Abb. 5a Verteilung der verschiedenen kombinierten Verfahren am Magen

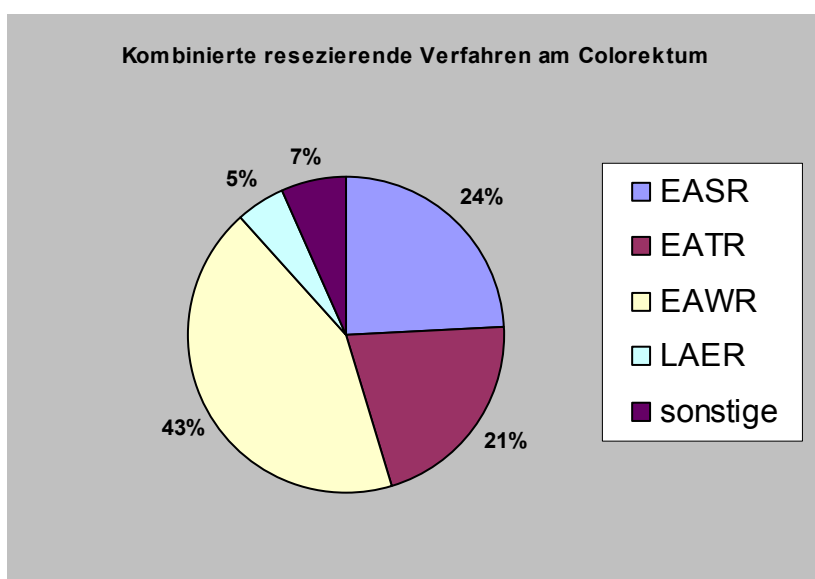


Abb.5b Verteilung der verschiedenen kombinier-ten Verfahren am Colorektum

In **Abb.6** sind die absoluten OP-Zeiten für die einzelnen Eingriffsarten grafisch dargestellt. Der Mittelwert betrug für die LAER 55 min (10 bis 90 min), für die EAWR 86,55 min (35 bis 205 min), für die EATR 81,10 min (35 bis 150) und für die EASR 110,80 min (35 bis 180).

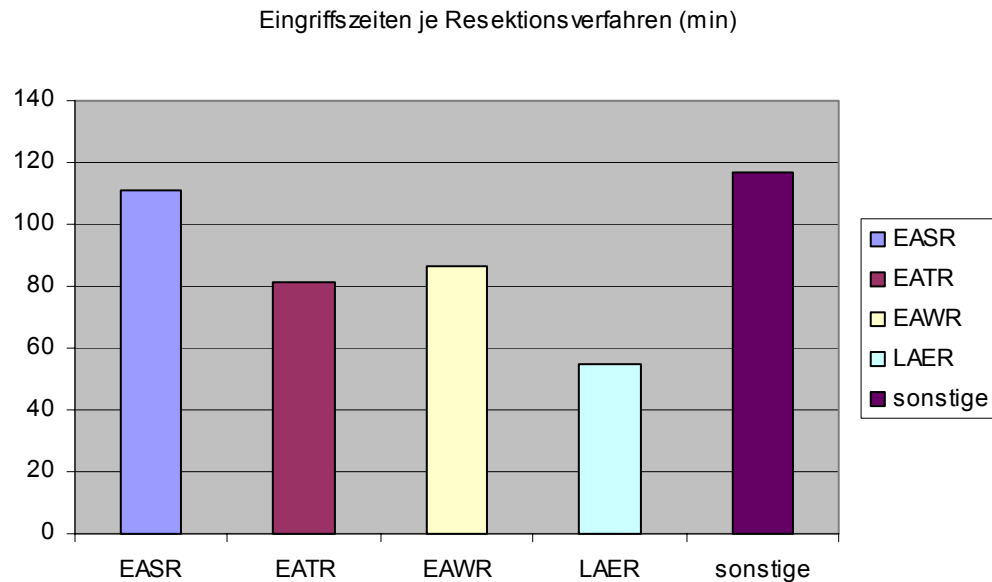


Abb.6 Durchschnittliche Operationsdauer der verschiedenen Verfahren

Insgesamt ergibt sich eine durchschnittliche Operationszeit von 89 min (10-205 min), wobei Eingriffe am oberen GI-Trakt mit 84,6 min (10-202 min) tendenziell kürzer ausfallen als Eingriffe am unteren GI-Trakt 92,6 min (10-205 min).

Die OP-Zeiten der rein laparoskopisch-endoskopischen Verfahren zeigen hierbei eine erstaunliche Konstanz innerhalb der jeweiligen Organgruppen und liegen im Schnitt unter 90 min. Bei den alternativen, individuellen Verfahren, oder nach Konversion steigen die OP Zeiten deutlich und liegen im Schnitt um 115 min. Dennoch sind bei den einzelnen Verfahren deutliche Schwankungen auszumachen, welche zum Einen natürlich auf individuelle Gegebenheiten der Läsion (Lokalisation, Ausmaß) und des Patienten (Voroperation, Anatomie, Ernährungszustand) zurück zu führen sind, jedoch auch der Lernkurve unterliegen; eine große Auswirkung auf die OP Dauer zeigt auch die zeitliche Abstimmung und Koordination mit dem assistierenden Kollegen, sowie die Organisation des Arbeitsablaufes. Diese beiden Punkte konnte im Verlauf der Studie verbessert werden, wobei die OP Zeiten zwar prinzipiell gleich blieben, sich aber eine geringere Varianz derselben zeigte (Abb.7).

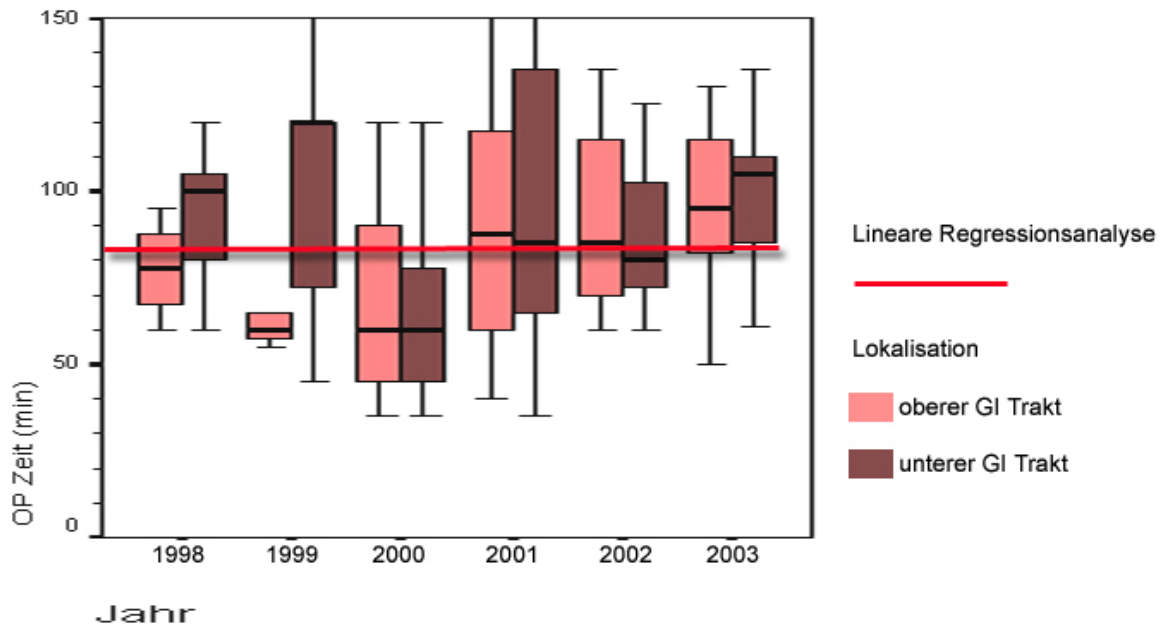


Abb. 7 Entwicklung der OP Zeiten nach Lokalisation im Verlauf der Jahre. (Boxplot mit Darstellung des Mittelwertes und der Standardabweichung). Man erkennt eine konstante mittlere OP Zeit (rote Linie entsprechend der linearen Regressionsanalyse) bei abnehmender Standardabweichung in den letzten Jahren.

Was sich außerdem als Trend über die Jahre zeigt, ist ein stärkerer Einsatz lokaler Verfahren (EATR/EAWR) bei gleichzeitiger Abnahme der Segmentresektionen (EASR), sowie eine Abnahme der Konversionsrate.

Der bereits angesprochene Einbruch bezüglich der Behandlungszahlen Mitte 2002 korreliert zeitlich mit einem Leitungswechsel der kooperierenden medizinischen Klinik mit Reduktion der Zuweisungen. Dies konnte erst 2004 kompensiert werden.

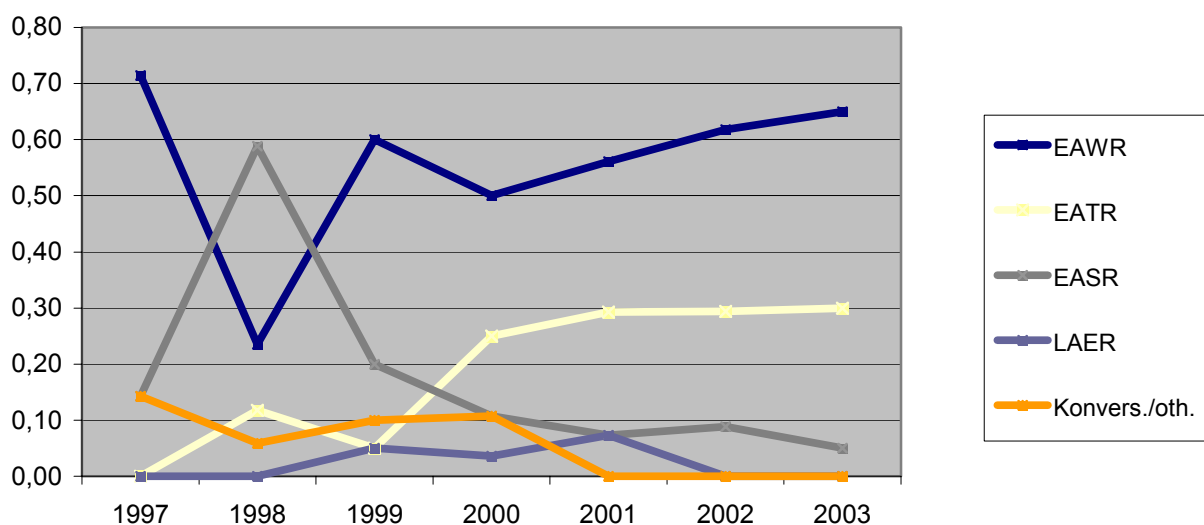


Abb. 8 Relative Häufigkeit (Verteilung) der einzelnen Eingriffstypen.

4.1.3 Verlauf/Komplikationen

Bei **183** Eingriffen waren insgesamt **8** (4,4%) Konversionen erforderlich. In einem Fall war die thorakoskopisch-endoskopische Entfernung eines intramuralen Ösophagustumors (Leiomyom) geplant. Da der Befund zu groß erschien, wurde eine Thorakotomie durchgeführt und der Tumor offen reseziert.

Im Fall einer wedge Resektion am Magen trat eine Fehlfunktion des eingesetzten Linearstaplers auf, so dass der Wanddefekt von Hand vernäht wurde. In allen anderen Fällen handelte es sich um Befunde am Kolon, die mittels einer kombinierten Resektion nicht sicher therapierbar waren, bzw. eine nicht akzeptable Lumeneinengung drohte und deshalb eine offene Segmentresektion erforderlich wurde.

In einem der konvertierten Fälle trat die folgenschwerste Komplikation dieser Serie auf: Der Eingriff war bei dringendem V.a. Malignität des Befundes im Colon ascendens konvertiert und eine Rechtshemikolektomie durchgeführt worden. Am 5. post operativen Tag trat eine Anastomoseninsuffizienz auf, die umgehend operativ revidiert wurde. Dennoch verstarb die hoch betagte Patientin im weiteren postoperativen Verlauf.

Die Mortalität im gesamten Patientengut beträgt somit **0.5%** (1/183).

Die Gesamtmorbidität des Patientenguts beträgt **11,48%** (21/183) und kann in allgemeine, systemische Komplikationen und in eigentliche chirurgische Komplikationen unterteilt werden. Die allgemeinen, systemischen Komplikationen traten selten auf, nämlich zweimal in Form eines Harnwegsinfektes und einmal in Form einer Fieberepisode unklarer Genese, welche über 3 Tage andauerte (allgemeine Komplikationen 3/183 = **1,64%**).

Häufiger traten eingriffsspezifische Komplikationen auf, welche in leichte, die Restitution wenig beeinträchtigende und schwere Komplikationen unterteilt wurden.

Hierbei kam es in 8 Fällen zu einer Wundheilungsstörung, welche zumeist nach erfolgter Minilaparotomie oder Konversion auftrat (7/8); diese Minilaparotomie war nach Segmentresektion für die Reanastomosierung der Darmenden notwendig geworden. Alle Wundheilungsstörungen konnten konservativ mittels Spülbehandlung therapiert werden.

Tab.1 Komplikationen im postoperativen Verlauf unterteilt nach allgemeinen, systemischen Komplikationen und eingriffsspezifischen Komplikationen

Allgemeine, systemische Komplikationen	3/183 (1,64%)
Harnwegsinfekt	2/183 (1,09%)
Fieber unklarer Genese	1/183 (0,5%)
Eingriffsspezifische Komplikationen	18/183 (9,84%)
Wundheilungsstörung	8/183 (4,37%)
Nachblutung/Hämatom *	2/183 (1,09%)
Abszess	4/183 (2,19%)
Insuffizienz *	4/183 (2,19%)
Gesamt	21/183 (11,5%)

* 1x Revision bei infiziertem Hämatom, 2x Revision bei Insuffizienz

Schwere Komplikationen traten in 10 der 183 Fälle auf. Hierbei handelte es sich um 2 Nachblutungen, welche initial konservativ therapiert wurden. In einem der Fälle infizierte sich jedoch das resultierende Hämatom und es wurde deswegen eine Revision notwendig. In vier weiteren Fällen entwickelte sich postoperativ ein intraabdomineller Abszess, welcher jedoch bei allen betroffenen Patienten konservativ, mittels Pigtail Einlage und Drainage ausbehandelt werden konnten. In einem der Fälle handelte es sich um einen Abszess im Bereich des Gallenblasenbettes, welcher sich nach simultaner Cholezystektomie gebildet hatte. Insuffizienzen traten bei 4 Patienten auf, in 2 der Fälle wurde deswegen eine operative Revision notwendig.

Neben den bereits erwähnten 3 Revisionen (1x Hämatom, 2x Insuffizienz) wurde noch in 10 weiteren Fällen ein Zweiteingriff erforderlich. Grund hierfür war der postoperative Befund eines Karzinoms (9 Befunde Kolon, 1 Befund Magen). In den weiteren Fällen mit malignem Befund erfolgte bei pTis/T1m Stadium und Ro Resektion keine weitere, operative Therapie, bzw. war in einem Fall bereits intraoperativ der Verdacht auf ein Malignom geäußert und der Eingriff konvertiert worden. Bei den revidierten Malignomen zeigte sich in einem Fall residuelles Tumorwachstum bei Nachweis eines positiven Lymphknotens; alle weiteren Fälle waren frei von Restumorgewebe. Nicht zuletzt aufgrund dieses Befundes war bei 5 Fällen mit einem T1sm und 5 Fällen mit einem T2 Stadium und entsprechend korreliertem Risiko einer Lymphknotendissemination die lokale Resektion ungenügend.

Die postoperative Hospitalisationszeit betrug für die gesamte Patientengruppe im Mittel 9,34 Tage (Spannweite 2 bis 34 Tage). Innerhalb der Gruppen zeigten sich dabei wiederum deutliche Unterschiede; so verließen beispielsweise Patienten nach erfolgter laparoskopisch assistierter, endoskopischer Resektion (LAER) das Krankenhaus deutlich früher (5,17 Tage , Spannweite 2 bis 8 Tage) als nach einer endoskopisch assistierten laparoskopischen Segmentresektion (10,76 Tage, Spannweite 7 bis 32 Tage) (Tab. 2).

Tab.2 Postoperative Verweildauer für die jeweiligen Eingriffstypen (Tage)

<i>Eingriffstyp</i>	<i>Mittelwert (Tage)</i>	<i>Anzahl (n)</i>	<i>Standardabw. +/-</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
EASR	10,76	25	5,1	7	32
EATR	9,78	41	5,6	5	34
EAWR	8,85	102	3,7	3	24
LAER	5,17	6	2,3	2	8
Sonstige	11,78	9	6,9	5	26
Total	9,34	183	4,7	2	34

4.1.4 Histopathologische Befunde

Alle Befunde waren präoperativ (Endoskopie + Biopsie) als benigne eingestuft worden und somit dem minimal invasiven Verfahren zugeführt worden. Dennoch ergab in 16 Fällen die postoperative Aufbereitung ein Malignom, in einem weiteren Befund musste aufgrund der Größe und der mitotischen Aktivität bei GIST ebenfalls von einem malignen Potential ausgegangen werden. (Somit wurde in knapp 9% die Dignität präoperativ falsch eingestuft).

4.1.4.1 Oberer Gastrointestinaltrakt

Im oberen Gastrointestinaltrakt fanden sich vorrangig gastrointestinale Stromatumoren (GIST) mit unterschiedlicher Differenzierung (**78%**, 61/78). Daneben finden sich Adenome (5%, 4/78), neuroendokrine Tumoren (NET) (5%, 4/78), ektopes Pankreasgewebe (4%, 3/78), Lipome (3%, 2/78), sowie sonstige Befunde, wie Schwannome, Divertikel, etc (5%, 4/78).

Tab. 3 Histologische Befunde am oberen GI Trakt des kombiniert versorgten Patientenguts.

<i>Lokalisation</i>	<i>Histologischer Befund</i>	<i>abs. Anzahl</i>	<i>rel. Anteil (%)</i>
Oberer GI-Trakt	Sonstige (benigne Stenose,..)	2	1,1%
	Adeno-Ca	2	1,1%
	Adenom	2	1,1%
	GIST	61	33,3%
	Lipom	2	1,1%
	Neuroendokriner Tumor (NET)	4	2,2%
	Ektopes Pankreasgewebe	3	1,6%
	Divertikel	1	,5%
	Schwannom	1	,5%
	Total	78/183	42,6%

Betrachtet man die Organe des oberen Gastrointestinaltraktes im Einzelnen, überwiegen im Ösophagus ganz deutlich die Leiomyome.

Auch wenn stromale Tumoren das Gros der Indikationen am Magen darstellen, finden sich hier noch eine Vielzahl anderer Entitäten und in 3 der 78 Fälle ein Karzinom.

Tab. 4 Histopathologische Befunde am oberen Gastrointestinaltrakt nach Befund und Organ.

<i>Histolog. Befund</i>	<i>Oesoph.</i>	<i>Magenvorderw.</i>	<i>Magenhinterw.</i>	<i>Duodenum</i>
Adenom	0	1	0	1
Adeno-Ca	0	2	0	0
GIST	18	24	19*	0
Lipom	0	2	0	0
Neuroendokr.Tumor	0	3	1	0
Ektop. Pankreas	0	3	0	0
Divertikel	1	0	0	0
Schwannom	0	1	0	0
Sonstige	2	0	0	0

*) in einem Fall handelte es sich um einen malignen GIST

4.1.4.2 Unterer Gastrointestinaltrakt

Im unteren Gastrointestinaltrakt finden sich hingegen meist Adenome (bzw. Adenokarzinome) (98/105, entsprechend 93,3%), welche wiederum meist ein tubulovillöses oder ein flach-villöses (sog. flat adenoma) Wachstumsmuster aufweisen. Die verbliebenen 7 Prozent verteilen sich zu gleichen Anteilen auf entzündliche Darm-Erkrankungen (M. Crohn/Colitis ulcerosa), Lipome, Kotsteine, Endometrioseherde etc..

Tab. 5 Histologische Befunde am unteren Gastrointestinaltrakts des kombiniert versorgten Patientenguts

<i>Lokalisation</i>	<i>Histologischer Befund</i>	<i>abs. Anzahl</i>	<i>rel. Anteil (%)</i>
Unterer GI-Trakt	Endometriose	1	,5%
	Kotstein	1	,5%
	Lymphpolyp	1	,5%
	Adenom	85	46,4%
	Adenokarzinom	13	7,1%
	Colitis ulcerosa	2	1,1%
	Morbus Crohn	1	,5%
	Lipom	1	,5%
	Total	105/183	57,4%

Die einzelnen Dignitäten verteilen sich hierbei gleichmäßig auf die jeweiligen Abschnitte des unteren GI-Traktes, wobei im Coecum und Colon ascendens ein auffallend hoher Anteil an Karzinomen zu finden ist

Tab. 6 Histopathologische Befunde am unteren GI-Trakt nach Befund und Organ

<i>Lokalisation</i>	<i>Ileum</i>	<i>Coecum</i>	<i>C.asc</i>	<i>C.trans.</i>	<i>C.desc.</i>	<i>Sigma</i>	<i>Rekt.</i>
Adenom	0	35	18	11	8	10	3
Adeno-Ca	0	3	6	1	0	3	0
Crohn/Colitis ulc.	0	1	0	1	0	1	0
Lipom	1	0	0	0	0	0	0
Sonstige	0	1	0	0	1	1	0

Ergänzend fasst Tabelle 7 die Histologien des GI Traktes zusammen, wobei sich nochmals der Stellenwert der Adenome und stromalen Tumoren zeigt.

Tab. 7 Gesamtübersicht histologischer Befunde am GI Trakt

Lokalisation	Histologischer Befund	abs. Anzahl	rel. Anteil (%)
	Adenom	87	47,5%
	Adeno-Ca	15	8,2%
	GIST	61	33,3%
	Sonstige	20	11,0%
	Total	183	100,0%

4.2. Ergebnisse der vergleichenden Evaluation

4.2.1 Vergleichbarkeit der Gruppen

4.2.1.1 Geschlecht, Alter, physical status

Aufgrund der Matching-Kriterien (3.1.2) war eine identische Geschlechterverteilung beider Gruppen gegeben; dies gilt auch für die einzelnen Lokalisationen. Innerhalb der Gruppen verteilen sich die Fälle auf 25 Frauen und 20 Männer.

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Eingriffes war in beiden Gruppen nach statistischen Kriterien vergleichbar. Es lag bei 58,93 Jahren in der Gruppe der laparoskopisch-endoskopisch operierten Patienten (+/- 1,99 Jahre), und bei 57,13

Jahren im traditionell therapierten Vergleichskollektiv (+/- 2,17 Jahre).

Die beiden Gruppen waren dabei nicht signifikant verschieden.

(p-Wert 0,54)

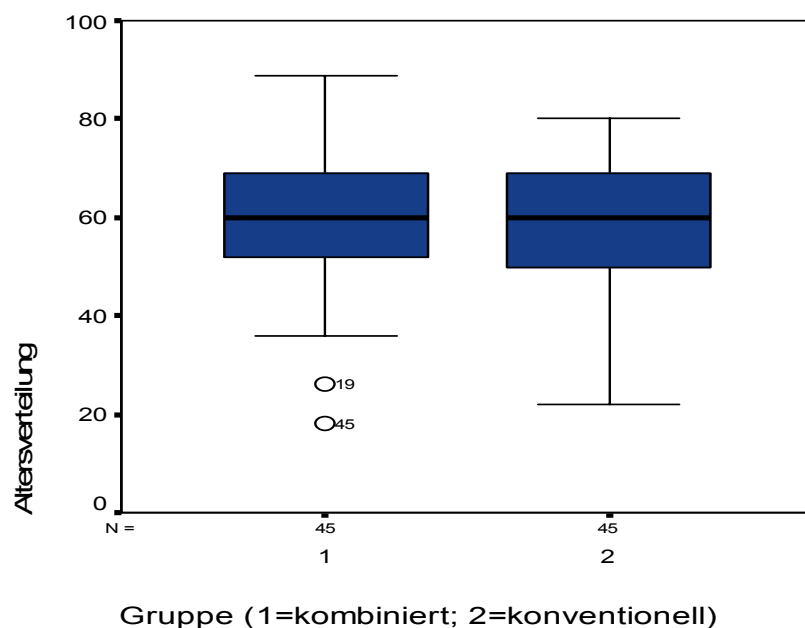


Abb. 9 Durchschnittliches Alter der Patienten der vergleichenden Evaluation (Boxplot)

Der ASA Score wurde als weiteres Kriterium für die Paarbildung herangezogen, um zu gewährleisten, dass Kriterien wie die allgemeine Operabilität, sowie das perioperative Risiko in beiden Gruppen gleich verteilt waren. Die Einschätzung der ASA-Gruppe erfolgt präoperativ durch den Anästhesisten und wurde dem Prämedikationsprotokoll entnommen. Die Verteilung hinsichtlich des ASA Scores beider Gruppen ist in **Abb.10** aufgezeigt.

Die Werte des ASA-Score waren in beiden Gruppen gleich verteilt und nicht signifikant verschieden ($p=0,317$).

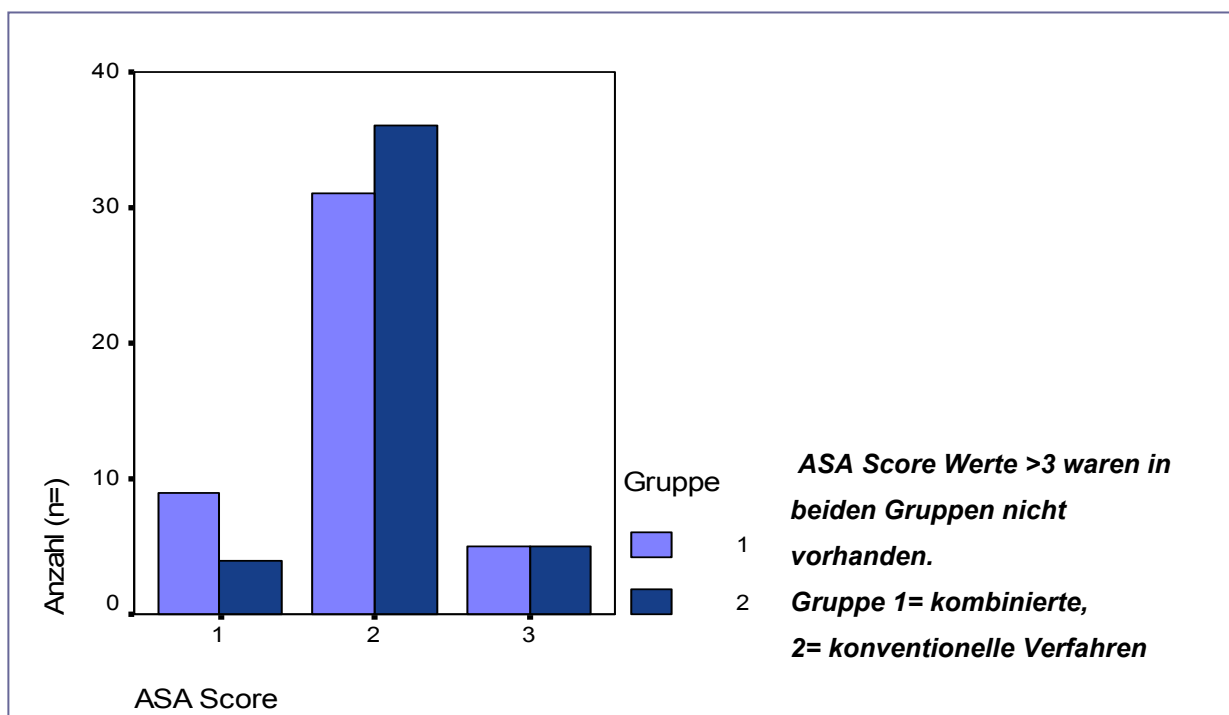


Abb. 10 Präoperativer physischer Status entsprechend dem ASA Score im Vergleich beider Gruppen.

4.2.1.2 Größe der Befunde

Der Durchmesser der Läsionen, entsprechend dem abschließenden Bericht des Pathologen, war ebenfalls in beiden Gruppen nach statistischen Kriterien gleich. Der durchschnittliche Wert lag in der kombiniert operierten Gruppe bei 3,10 cm ($\pm 0,335$), im Vergleichskollektiv bei 3,27 cm ($\pm 0,183$); in der statistischen Auswertung ergab sich hieraus bei einem Testwert $p=0,066$ kein signifikanter Unterschied.

Tab. 8 Durchschnittliche Größe der resezierten Befunde innerhalb der vergleichenden Evaluation

<i>Gruppe</i>	<i>Anzahl (n=)</i>	<i>Mittlerer Durchmesser (cm)</i>	<i>Standard -Abw. +/-</i>
1=kombinierte	42	3,10	0,34
2=konventionell	43	3,27	0,18

4.2.1.3 Lokalisation der Befund

Die Lokalisation der Befunde im GI-Trakt war wiederum, wie nach dem Studiendesign zu erwarten, in beiden Gruppen identisch (Tab.9).

Tab. 9 Verteilung der Befunde innerhalb des Gastrointestinaltraktes in absoluten und relativen Zahlen (in beiden Gruppen identisch)

<i>Lokalisation</i>	<i>Anzahl absolut</i>	<i>Anzahl relativ in %</i>
Oesophagus	2	4,45%
Magen	16	35,6%
Duodenum	1	2,22%
Coecum	8	17,8%
Ascendens	8	17,8%
Transversum	3	6,67%
Descendens	3	6,67%
Sigmoideum	3	6,67%
Rektum	1	2,22%

Hiermit ergibt sich bezüglich der Verteilung innerhalb des Gastrointestinaltrakts für die vergleichende Evaluation ein Anteil von 35,6% für Läsionen am Magen und von 56,8% für colorektale Läsionen. Verglichen mit den in Abbildung 3 angegebenen Werten für das Gesamtkollektiv mit einen Anteil von etwas über 57% für den colorektalen Bereich und 30,6% für Läsionen am Magen zeigt sich eine ähnliche Verteilung. Die vergleichende Evaluation kann in dieser Hinsicht somit als repräsentativ für das Gesamtkollektiv angesehen werden.

Da die exakte Lokalisation der Läsionen (Vorderwand, Hinterwand, etc. innerhalb einer Organgruppe teilweise gravierende Auswirkungen auf die Resektabilität und der Art des therapeutischen Vorgehen hat (insbesondere am Magen), wurde dies

ebenfalls berücksichtigt. So lagen die Läsionen am Ösophagus jeweils im distalen Drittel, die Befunde am Duodenum jeweils direkt juxtapapillär und auch die colorektalen Befunde verteilten sich identisch entlang des Kolonrahmens. Für die Läsionen am Magen sind die jeweiligen Lokalisationen nochmals tabellarisch aufgeführt.

Tab. 10 Befundlokalisierung gastraler Läsionen im Vergleich zwischen den Patienten der kombinierten und der konventionell operierten Gruppe.

<i>Lokalisation</i>	<i>kombiniert</i>	<i>konventionell</i>	<i>Lokalisation</i>	<i>kombiniert</i>	<i>konventionell</i>
proxim. 1/3	4 (25%)	7 (43,8%)	Vorderw.	3 (18,7%)	4 (25%)
mittleres 1/3	9 (56,3%)	7 (43,8%)	Hinterw.	3 (18,7%)	3 (18,7%)
distales 1/3	3 (18,7%)	2 (12,5%)	Laterals.	10 (62,6%)	9 (56,3%)

Die statistische Evaluation ergab einen Testwert von $p=0,530$ bzgl. der Verteilung auf die jeweiligen Magendrittel und einen Testwert von $p=0,930$ bzgl. der Verteilung auf Vorder- und Hinterwand. Somit ergaben sich keine Unterschiede.

4.2.2 Intraoperativer Verlauf

4.2.2.1 OP-Dauer

Die durchschnittliche OP Dauer, gemittelt über alle Eingriffe, zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Sie liegt bei durchschnittlich 91,66 min (+/- 6,51 min) in der laparoskopisch-endoskopischen Gruppe und bei 105,80 min (+/- 5,75 min) im Falle der offenen, konventionellen Eingriffe. Der Testwert beträgt $p=0,053$.

Auch innerhalb der einzelnen Subgruppen (gemäß der anatomischen Einteilung), finden sich keine signifikanten Unterschiede, auch wenn sich die Zeiten hier teilweise doch recht deutlich unterscheiden. Die jeweiligen Operationszeiten sind in Tabelle 11 dargestellt. Bemerkenswerterweise macht bei kombiniert durchgeführten Eingriffen die Wartezeit auf den Endoskopiker bzw. der Zeitaufwand für die Endoskopie bis zum Erreichen der einzusehenden Region in etwa 10-20% der Gesamtoperationszeit bei Kombinationseingriffen aus. Durch Verbesserung des Arbeitsablaufs her und aufgrund eines Trainingeffekts des assistierenden Gastroenterologen konnte diese

Zeit reduziert werden; da aus Sicherheitsgründen (erhöhte Gefahr für die Verletzung des Intestinums bei Anlage des Pneumoperitoneums nach zuvoriger Endoskopie) jedoch das Einspiegeln erst im Verlauf der Operation erfolgen kann, resultiert hieraus persistierend ein hoher Zeitbedarf (sequentielles versus simultanes Vorgehen).

Tab. 11 Durchschnittliche Eingriffszeiten je Gruppe und Lokalisation im Vergleich kombinierte zu konventionelle Eingriffen.

<i>Lokalisation</i>	<i>OP Zeit (min) Kombinierte Pat.</i>	<i>Anzahl (n=)</i>	<i>OP Zeit (min) konventionelle Pat.</i>	<i>Anzahl (n=)</i>
Oesophagus	85,00	2	82,50	2
Magen	65,31	16	88,75	16
Duodenum	160,00	1	110,00	1
Coecum	95,63	8	96,25	8
C.asc.	105,71	8	105,63	8
C. trans.	86,67	3	140,00	3
C.desc.	153,33	3	166,67	3
Rekto-Sigma	108,25	4	141,67	4
Total	91,66	45	105,80	45

Dennoch ist der gesamte Zeitaufwand je Eingriff vergleichbar zu dem der konventionell operierten Patienten.

4.2.2.2 Komplikationen

Bei zwei der kombiniert durchgeführten Eingriffe war bereits direkt nach Beginn der Intervention eine vollständige Konversion notwendig; einmal lag die Ursache in der Unmöglichkeit eines laparoskopischen Vorgehens, da der juxtapapillär lokalisierte Befund laparoskopisch nicht abgetragen werden konnte; im anderen Fall lag die Ursache der Konversion beim Patienten, der aufgrund des Pneumoperitoneum kardialer Arrhythmien entwickelte. Da es sich bei diesen Fällen somit um konventionelle Eingriffe mit entsprechender Laparotomie handelt, wurden sie aus Gründen der Vergleichbarkeit aus dem Gesamtkollektiv genommen und nicht für die „matched-pairs“ Analyse bearbeitet.

Jedoch war in 10 Operationen des Restkollektivs eine Erweiterung des Zugangs notwendig. Davon waren 3 Erweiterungen notwendig, um die eigentliche Resektion bzw. eine Nachresektion der Läsion zu ermöglichen, da sie auf laparoskopischen Wege nicht ausgeführt werden konnte. Es handelt sich damit um Konversionen des

laparoskopischen Vorgehens. Gleiches gilt für einen Fall, bei welchem aufgrund einer insuffizienten Darmvorbereitung keine intraoperative Endoskopie durchgeführt werden konnte und der Fall konvertiert werden musste. In 6 weiteren Fällen konnte nur mittels Erweiterung des Zugangs im Sinne einer Minilaparotomie eine Wiederherstellung der Darmkontinuität erreicht werden. Nicht in allen der angeführten Erweiterungen war diese zwingend notwendig, sie wurde dann aufgrund der technisch einfacheren Anastomosierung gewählt.

Alle Erweiterungen betrafen Eingriffe am Colon, wobei die Minilaparotomien im Bereich des Coecum und des C. ascendens erfolgten (6/10 Patienten).

Schwere Komplikationen, wie Fehlresektionen oder Verletzung anderer Strukturen, traten in keiner der Gruppen auf; jedoch musste in 4 Fällen der kombinierten und in einem Fall der konventionellen Gruppe intraoperativ nochmals nachreseziert werden, da sich herausstellte, dass der beschriebene Befund nicht vollständig reseziert worden war.

Bei einem laparoskopisch-endoskopischen Eingriff wurde das geplante Procedere erweitert und statt einer Segmentresektion eine Hemikolektomie durchgeführt, da sich intraoperativ der dringende Verdacht auf eine maligne Entartung ergab. Dies konnte postoperativ bestätigt werden; die Erweiterung war somit indiziert.

Für das Vergleichskollektiv waren weiter keine intraoperativen Komplikationen beschrieben worden.

Die perioperativen Komplikationen wurden ebenfalls bewertet, wobei sich die Einteilung an der Kölner Klassifikation orientierte.

Bei der Mehrzahl der perioperativen Komplikationen handelt es um postoperativ aufgetretene Hämatome oder Infekte (vor allem Wundinfekte) die nicht direkte Folge eines chirurgisch-technischen Problems sind (Klasse III). Zu den operationstechnisch bedingten Komplikationen werden beispielsweise die Konversionen gezählt, was den hohen Anteil an Klasse IV Komplikationen in der kombinierten Gruppe erklärt; in diese Gruppe fallen aber auch die Anastomoseninsuffizienzen.

Die Auswertung nach der Kölner Klassifikation ergibt bei einem Testwert von 0,009 einen signifikant höheren Anteil an perioperativen Komplikationen in der kombinierten Gruppe.

Tab. 12 Wichtung der perioperativen Komplikationen nach der Kölner Klassifikation

<i>Klasse</i>	<i>kombiniert (n=)</i>	<i>konventionell (n=)</i>
I	30	36
II	0	0
III	13	8
IV	10	1
V	0	0

4.2.2.3 Resektatgröße

Im Falle der nicht-segmentalen, lokalen Exzision verhalten sich der Durchmesser der Läsion zur effektiven Resektatgröße in beiden Gruppen in etwa gleich; der Durchmesser des vom Pathologen bemessenen Exzidates ist durchschnittlich 1,5 mal größer als der Befund; die Resektion in Form einer lokalen Exzision erfolgte also in beiden Gruppen vergleichbar sparsam; folgende Werte ergaben sich aus der Auswertung:

Tab. 13 Vergleich zwischen präoperativer Befund- und postoperativer Exzidatgröße für Patienten mit lokaler Resektion im Vergleich zwischen kombiniert und konventionell operierten Patienten.

	<i>Kombinierte</i>	<i>Eingriffe n=31*</i>	<i>Konventionelle</i>	<i>Eingriffe n=18*</i>
Vorbefund	2,64 cm	+/- 1,01	3,22 cm	+/- 1,41
Resektat	4,16 cm	+/- 1,19	5,18 cm	+/- 2,43

*) Anzahl (n) bezieht sich auf Anzahl der Exzidate

Im Falle einer segmentalen Resektion (respektive Hemicolektomie) hingegen zeigt sich, dass die Resektion bei den konventionellen operierten Patienten deutlich großzügiger erfolgte. Korrelierte die durchschnittliche Segmentlänge bei kombiniert operierten Patienten nämlich in etwa mit der Sparsamkeit bei lokaler Exzision, die Segmentlänge war hier nämlich etwas mehr als 2mal so lang, wie die vorbeschriebene Läsion, so übertraf die Segmentlänge die Größe des Befundes im Falle der konventionellen Eingriffe um das 6,5 fache. Eine Abhängigkeit vom

postoperativen histologischen Grading, oder der Befundlokalisation konnte nicht gefunden werden.

Tab. 14 Vergleich zwischen präoperativer Befund- und postoperativer Exzidatgröße für Patienten mit segmentaler Resektion im Vergleich zwischen kombiniert und konventionell operierten Patienten.

	<i>Kombinierte</i>	<i>Eingriffe n=11*</i>	<i>Konventionelle</i>	<i>Eingriffe n=27*</i>
Durchmesser des Befundes	4,41 cm	+/- 3,71	3,30 cm	+/- 1,08
Länge des Resektates	10,38 cm	+/- 6,28	22,48 cm	+/- 12,66

*) Anzahl (n) bezieht sich auf Anzahl der Segmentresektionen

Beide Tabellen machen deutlich, dass bei den laparoskopisch-endoskopischen Operationen die lokalen Exzisionen favorisiert werden (31 zu 11), während bei offenen Eingriffen vor allem Segmentresektionen (27 zu 18) durchgeführt werden. In der konventionellen Gruppe zeigt sich also ein Trend zu einer großzügigeren Resektion.

4.2.2.4 Histopathologie

In beiden Gruppen lagen dabei die verschiedenen Differenzierungstypen entsprechend der histologischen Aufarbeitung in gleichen Anteilen vor (G1/2 zu jeweils ca. 70%, Anteil der G3 zugeordneten Läsionen ca. 30% (30,0% kombiniert, 31,0% konventionell)).

In der histologischen Aufarbeitung ergab sich weiterhin eine sowohl makroskopisch, wie mikroskopisch vollständige Abtragung der Läsionen in 100% für die konventionellen Eingriffe (45/45) und in 85%, für die kombinierten Eingriffe; in 5 Fällen fand sich postoperativ eine histologische Infiltration bis in die Abtragungsränder (entsprechend R1).

In der statistischen Auswertung ergab sich hierbei kein signifikanter Unterschied, jedoch ein deutlicher Trend zugunsten der konventionell operierten Patienten. Der p-Wert betrug $p=0,056$.

Bezüglich der histologischen Differenzierung zeigen beide Gruppen ebenfalls gleiche Verteilungen. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 16 angegeben.

Tab. 15 Resektionsstatus beider Gruppen (kombiniert und konventionell) im Vergleich

<i>Resektionsstatus</i>	<i>Kombinierte Gruppe</i>	<i>Konventionelle Gruppe</i>
R1	5	0
Ro	40	45
Total	45	45

Tab. 16 Histologische Befunde der resezierten Läsionen im Vergleich beider Gruppen in absoluter und relativer Angabe

<i>Histologie</i>	<i>kombinierte (n=)</i>	<i>Anteil (%)</i>	<i>konventionelle (n=)</i>	<i>Anteil (%)</i>
Adenom	25	55,56	26	57,78
Colitis	1	2,22	2	4,44
GIST	16	35,56	14	31,12
Koprolith	1	2,22	1	2,22
Neurinom	1	2,22	1	2,22
Pankreas	1	2,22	1	2,22
Total	45	100,00	45	100,00

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, korrelieren die histologischen Befunde der für die vergleichende Untersuchung ausgewählten Patienten wiederum mit dem in 4.1.4 abgehandelten Gesamtkollektiv kombiniert operierter Patienten, für die sich ein Anteil von 55,7% für Adenome (und Adenokarzinome) und 33,3% für stromale Tumoren ergeben hatte.

4.2.2.5 Lokalisierbarkeit der Befunde

Wie bereits dargestellt wurde, ist bei kombinierten Eingriffen erst durch die Endoskopie die genaue Befundlokalisierung möglich.

Tatsächlich gelang es bei nahezu allen Eingriffen, den präoperativ beschriebenen Befund endoskopisch zu identifizieren und dem Laparoskopiker dessen genaue Lage mitzuteilen. Nur in einem Fall konnte der präoperativ beschriebene Befund

endoskopisch nicht lokalisiert werden, was Folge einer übermäßigen Verunreinigung des Darmes war.

Im Gegensatz dazu gelang es dem Laparoskopiker selbst nur in 7 Fällen den Befund und dessen Lage ohne Hilfe des Endoskopikers zu identifizieren – dabei war wiederum in nur 4 Fällen die Lokalisation ausreichend, um eine sichere Resektion auszuführen. Der Laparoskopiker war also aufgrund der fehlenden taktilen Rückkopplung in über 80% der Eingriffe auf die Unterstützung des Endoskopikers zur Befundlokalisierung angewiesen

Bei konventionellen Eingriffen erfolgte die Befundlokalisierung (unter Kenntnis der ungefähren Lage aufgrund der präoperativen Diagnostik) vor allem durch manuelle Manipulation, d.h. durch Abtasten des betroffenen Darmsegmentes; so gelang in 20 Fällen auf diese Weise die Lagebestimmung des Befundes.

Durch alleinige Inspektion hingegen konnte auch hier nur in Ausnahmen der Befund lokalisiert werden (2 Fälle), was sich mit den Erfahrungen aus der kombinierten Gruppe deckt.

Ansonsten erfolgte die Lokalisation mittels alleiniger Kenntnis der präoperativ durchgeführten endoskopischen Untersuchung, probeweiser Inzision und anschließender großzügiger Resektion. Eine Clip- oder Farbmarkierung war in keinem der Fälle vorgenommen worden.

4.2.3 Postoperativer Verlauf

4.2.3.1 Leukozytose

Die postoperative Leukozytose, definiert als ein direkt postoperativ gemessener Leukozytencount größer 9000c/mm^3 , fällt für das laparoskopisch-endoskopische Vorgehen um etwa 1,5 Tage kürzer aus; sie liegt bei durchschnittlich 1,52 d ($\pm 0,24$), im Vergleich zu den konventionellen Interventionen, nach welchen es durchschnittlich 2,93 d ($\pm 0,52$) dauerte, bis die Leukozyten erstmals unter 9000c/mm^3 gefallen waren; der Unterschied ist statistisch signifikant ($p=0,008$). Auch der absolute Leukozytenanstieg fällt im Falle eines kombinierten Vorgehens kleiner aus als Hinweis auf eine geringere Belastung, er ist jedoch nicht signifikant. Der Leukozytenanstieg betrug für das kombinierte therapeutische Vorgehen

durchschnittlich $4,04 \times 10^3 \text{ c/mm}^3$ ($\pm 0,54$), für das offene Vorgehen $4,91 \times 10^3 \text{ c/mm}^3$ ($\pm 0,49$), Testwert $p=0,242$.

Häufig kommt es nach Normalisierung der Leukozytenwerte zu einem erneuten Anstieg der Leukozytenwerte, welcher durch Wundheilungsstörungen etc. bedingt sein kann. So wurden auch die absolute Anzahl der Tage mit erhöhten Leukozytenwerten bestimmt. Sie beträgt laparoskopisch-endoskopisch 2,49 d ($\pm 0,32$), konventionell 4,40 d ($\pm 0,65$) und ist bei einem Testwert von $p=0,033$ signifikant.

(siehe Abb. 11; Verlauf der postoperativen Leukozytenwerte).

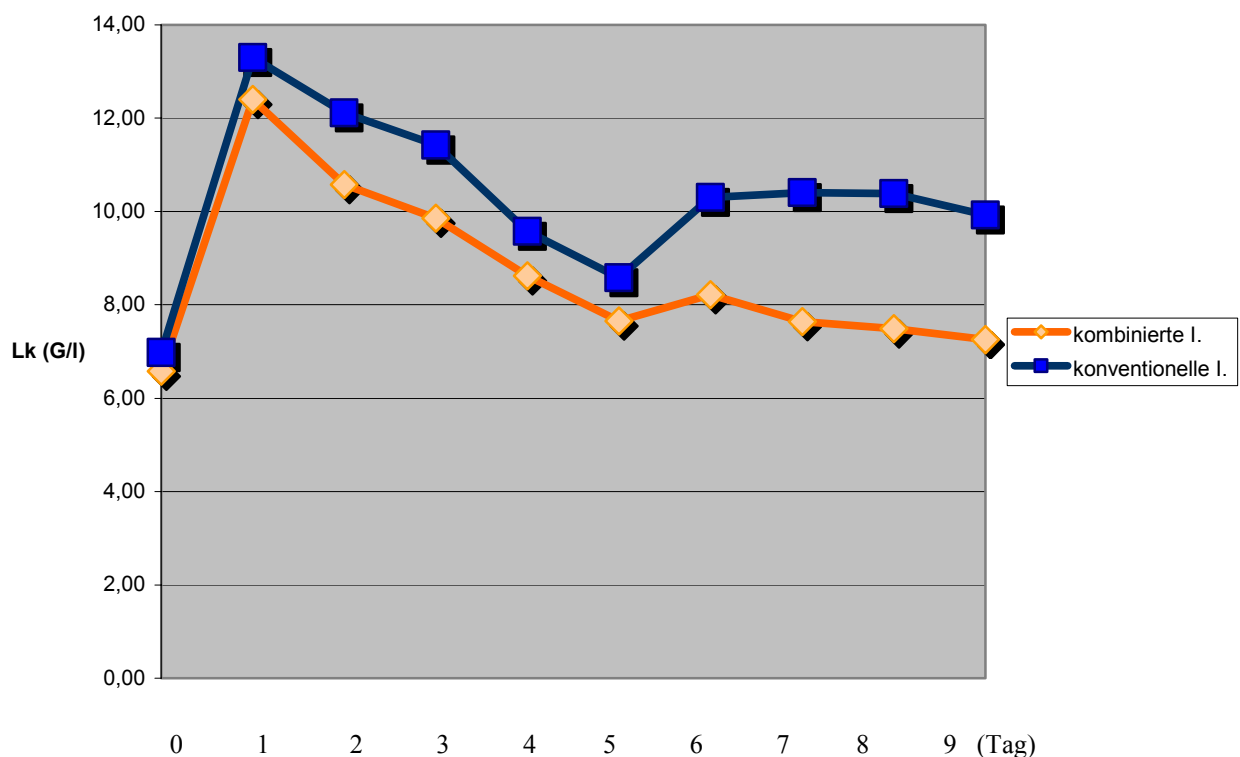


Abb. 11 Postoperativer Verlauf der Leukozytenwerte als ein Parameter für die Belastung des Patienten

4.2.3.2 Blutverlust

Wesentlich geringer und ebenfalls nicht signifikant sind die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des postoperativen Hämoglobinwerts: der durchschnittliche postoperative Hämoglobinwertabfall betrug in der minimal-invasiv operierten Gruppe 1,22 g/dl ($\pm 0,14$), in der Vergleichsgruppe 1,83 g/dl ($\pm 0,25$), gemessen als Differenz zwischen dem präoperativen und dem am ersten

postoperativen Tag bestimmten Wert; der Testwert beträgt hierfür $p=0,083$, der Unterschied ist somit nicht signifikant. Patienten, welche intraoperativ oder direkt postoperativ transfundiert wurden, wurden aus dieser Evaluation genommen, da durch die erfolgte Transfusion eine Verschiebung der Werte resultierte.

Bluttransfusionen erfolgten bei konventionell operierten Patienten signifikant häufiger, nämlich in 7 von 45 Patienten, im Gegensatz zu einer Bluttransfusion bei den kombiniert operierten Patienten ($p=0,026$).

Auch die Menge an transfundierten Konserven unterscheidet sich signifikant in den Gruppen. Sie beträgt 0,11 Erythrozytenkonzentrate je kombiniert versorgten Patient ($\pm 0,11$) und 0,51 je konventionell operierten Patient ($\pm 0,20$). Der Testwert beträgt $p=0,030$.

4.2.3.3 Klinischer Verlauf

Für den klinischen Verlauf wurden neben den erwähnten Komplikationen auch Fieber, sowie Drainagemenge und –dauer erfasst.

Die postoperativ dokumentierten Fieberepisoden, die mit 0,56 d ($\pm 0,18$) nach laparoskopisch-endoskopischen Vorgehen und 0,76 d ($\pm 0,19$) nach konventioneller Intervention nahezu gleiche Werte besaßen, unterschieden sich hingegen nicht signifikant (Testwert $p=0,413$).

Die Drainagen wurden in beiden Gruppen nach durchschnittlich 5 bis 6 Tagen gezogen (kombinierte Gruppe = 5,53 d ($\pm 0,43$) und konventionelle Gruppe = 5,64 d ($\pm 0,39$)), nachdem sie in der

kombinierten Gruppe 193,30 ml ($\pm 31,53$) Sekret gefördert hatten, im konventionell operierten Patientengut förderten sie etwas mehr mit 310,00 ml ($\pm 47,55$). Bei einem Testwert von $p=0,032$ ergab sich hierfür ein signifikanter Unterschied. Abbildung 12 zeigt die postoperative Drainagemenge im Vergleich.

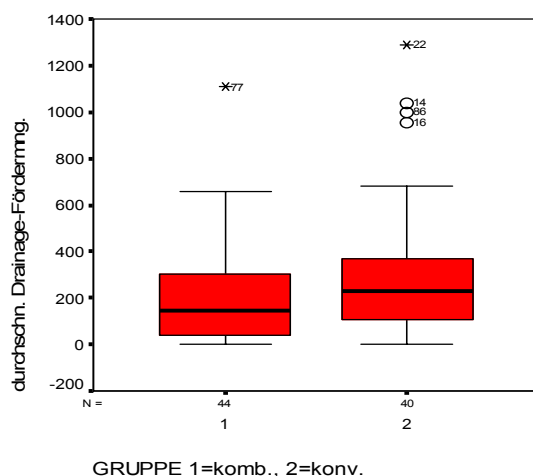


Abb. 12 Postoperativ erfasstes gesamtes Wundsekret im Vergleich beider Gruppen

4.2.3.5 Kostaufbau/Darmfunktion

Der Kostaufbau begann in beiden Gruppen durchschnittlich nach 4 Tagen, in der kombinierten Gruppe nach 3,84 d (+/- 0,20) und für das konventionell therapierte Patientengut nach 4,39 d (+/- 0,24). (Testwert p=0,084).

4.2.3.5 Kreatininkinase

Der postoperative Anstieg der Kreatininkinase wurde als Parameter für das Muskeltrauma (v.a. Laparotomiewunde) bestimmt. Die Auswertung ergab folgende Werte aus der Differenz zwischen dem unmittelbar präoperativem und dem am ersten postoperativen Tag gemessenen Ck-Wert. Für die kombinierten Interventionen zeigte sich ein Anstieg der Ck um 69,40 mg/dl (+/- 9,54), für die konventionellen Eingriffe ein Anstieg um 236,42 mg/dl (+/-53,42). Bei einem Testwert von $p < 0,001$ ergab sich hierfür ein signifikanter Unterschied. Abbildung 13 zeigt die graphische Auswertung.

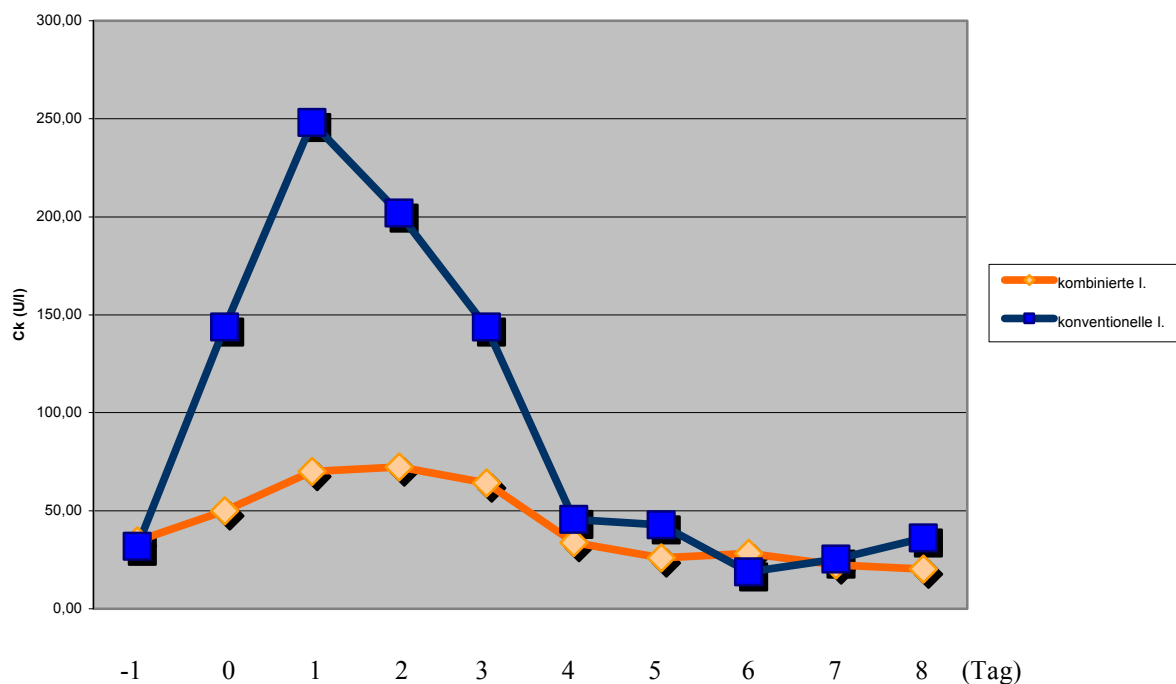
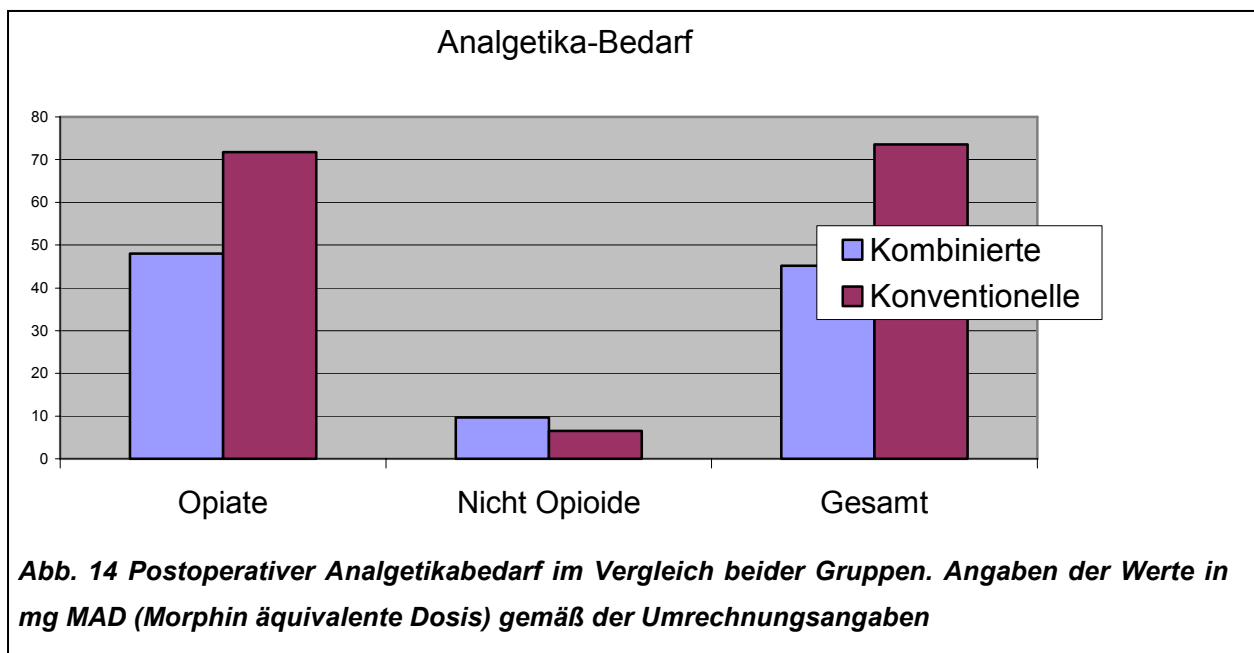


Abb. 13 Postoperativer Verlauf der Kreatininkinase-Werte (U/l) im Vergleich beider Gruppen. (Beginn der Kurve präoperativ, 0 = OP Tag).

4.2.3.6 Analgetikabedarf

Ein weiterer Parameter zur Abschätzung des Eingrifftraumas ist der postoperative Analgetikabedarf. Da es eine Vielzahl unterschiedlicher Analgetika gibt, erfolgte gemäß Literaturangaben bzgl. der analgetischen Potenz eine Umrechnung mit Basiswert 1 entsprechend der analgetischen Potenz von 1mg Morphin^{52,54,55,98}. Diese wurde als MAD = Morphin äquivalente Dosis bezeichnet. Die Auswertung ergab für den Analgetikabedarf an Nicht-Opioiden durchschnittlich 4,76 mg MAD (+/- 1,16) in der kombinierten und 1,50 mg MAD (+/- 0,60) in der konventionellen Vergleichsgruppe. (Testwert $p=0,002$). Der Bedarf an Opioiden war wiederum geringer in der kombinierten Gruppe mit einem Bedarf von 39,38 mg MAD (+/- 8,91) und einem Vergleichswert von 58,61 mg MAD (+/- 9,25). (Testwert $p=0,030$). In der Summation beider Werte ergab sich hieraus ein gesamter Analgetika Bedarf von 45,14 mg MAD (+/-9,30) für das kombinierte und von 73,48 mg MAD (+/-10,06) für das konventionell operierte Patientengut. Der Testwert beträgt hierfür $p=0,001$ und ist hiermit signifikant.



4.2.3.7 Hospitalisationsdauer/Intensivstation

Signifikant verschieden ist auch die Hospitalisationsdauer. Sowohl der gesamte stationäre Aufenthalt, als auch die Dauer des postoperativen Aufenthaltes sind nach

einer laparoskopisch-endoskopischen Intervention signifikant kürzer. Die Patienten dieser Gruppe konnten 10,24 d (+/- 0,615) nach der Operation nach Hause entlassen werden, durchschnittlich 3 Tage früher als die Patienten der Vergleichsgruppe, die nach der Operation noch für 13,45 (+/- 0,983) Tage stationär behandelt wurden. Der Testwert beträgt hierfür $p < 0,001$ und ist hiermit signifikant (Abb. 15).

Intensivmedizinisch wurden beide Gruppen etwa gleich lange betreut, nämlich über 1,29 Tage (+/- 0,24) bzw. 1,83 Tage (+/- 0,38) für die kombinierte respektive die konventionelle Patientengruppe (Testwert $p = 0,588$).

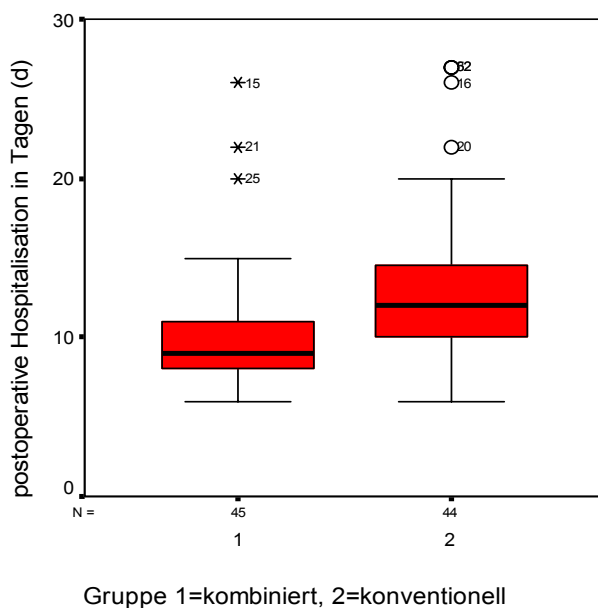


Abb. 15 Postoperative Hospitalisation im Vergleich der kombinierten (1) und der konventionell (2) operierten Patienten

4.2.3.8 Komplikationen

Die postoperativ aufgetretenen operativ bedingten Komplikationen der vergleichenden Evaluation sind in Tabelle 17 zusammengefasst:

Tab.17 Dokumentierte lokale, chirurgische Komplikationen im postoperativen Verlauf im Vergleich beider Gruppen

	Kombinierte Pat.	Konventionelle Pat.
Wundheilungsstörungen	8 (konservative Therapie)	3 (1x Revision)
Blutung	1 (konservative Therapie)	1
Verhalt	2 (CT-Drainage)	2 (1xRevision)
Anastomoseninsuffizienz	2 (konservativ/ CT-Drain.)	2 (1xRevision)
Revision	0	3

Bemerkenswert erscheint der hohe Anteil an Wundheilungsstörungen der kombiniert versorgten Patientengruppe. Ergänzend muss bemerkt werden, dass es sich in 6 der 8 dokumentierten Wundheilungsstörungen um Patienten handelt, bei denen der Eingriff nicht rein minimal-invasiv durchgeführt werden konnte, sondern eine Erweiterung in Form einer Minilaparotomie/Konversion notwendig war.

An allgemeinen, systemischen Komplikationen findet sich auf Seiten der kombiniert operierten Patienten einmal ein Fieber unklarer Genese (über 3 Tage) ohne fassbares organisches Korrelat, sowie ein Harnwegsinfekt; auf Seiten der konventionell versorgten Patienten wurden keine allgemeinen Komplikationen dokumentiert.

Zusammenfassend zeigt sich in der postoperativen Hospitation, der postoperativen Leukozytose, dem Anstieg der Kreatininkinase, der Transfusionsbedürftigkeit, der Drainagemenge und dem Analgetikabedarf ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen zugunsten der kombinierten Gruppe. Laparoskopisch-endoskopisch operierte Patienten können durchschnittlich 3 Tage früher entlassen werden und zeigen dabei eine reduzierte Belastung des Organismus.

4.3 Optimierung des Arbeitsablaufs

4.3.1 Ausgangssituation

Anfänglich erfolgte der Geräteaufbau im OP Saal und die Positionierung des OP Teams ausschließlich nach den Vorgaben des Laparoskopikers; der Endoskopiker wurde situativ dort platziert, wo noch (mehr oder weniger) ausreichend Platz für ihn vorhanden war. Abhängig davon, ob der Eingriff im Ober- oder Unterbauch erfolgte, wurde der laparoskopische Gerätetrolley, wie sonst üblich, entweder im Bereich der linken Schulter (Abb. 16a) oder am Fußende des Patienten aufgestellt (Abb. 16b).

Für die Endoskopie musste dann je nach Situation ein geeigneter Platz für den Untersucher und seinen Gerätetrolley gefunden werden. Das hieß im konkreten Fall, dass der Endoskopiker sich den Platz mit dem Anästhesisten am Kopf des Patienten teilen musste, bzw. im Falle eines Unterbauch-Eingriffs sich zwischen den Beinen des Patienten positionierte; der Wagen mit dem Endoskopiemonitor hatte dann nur

noch an für den Untersucher sehr ungünstigen Positionen Platz, meist seitlich oder gar hinter ihm.

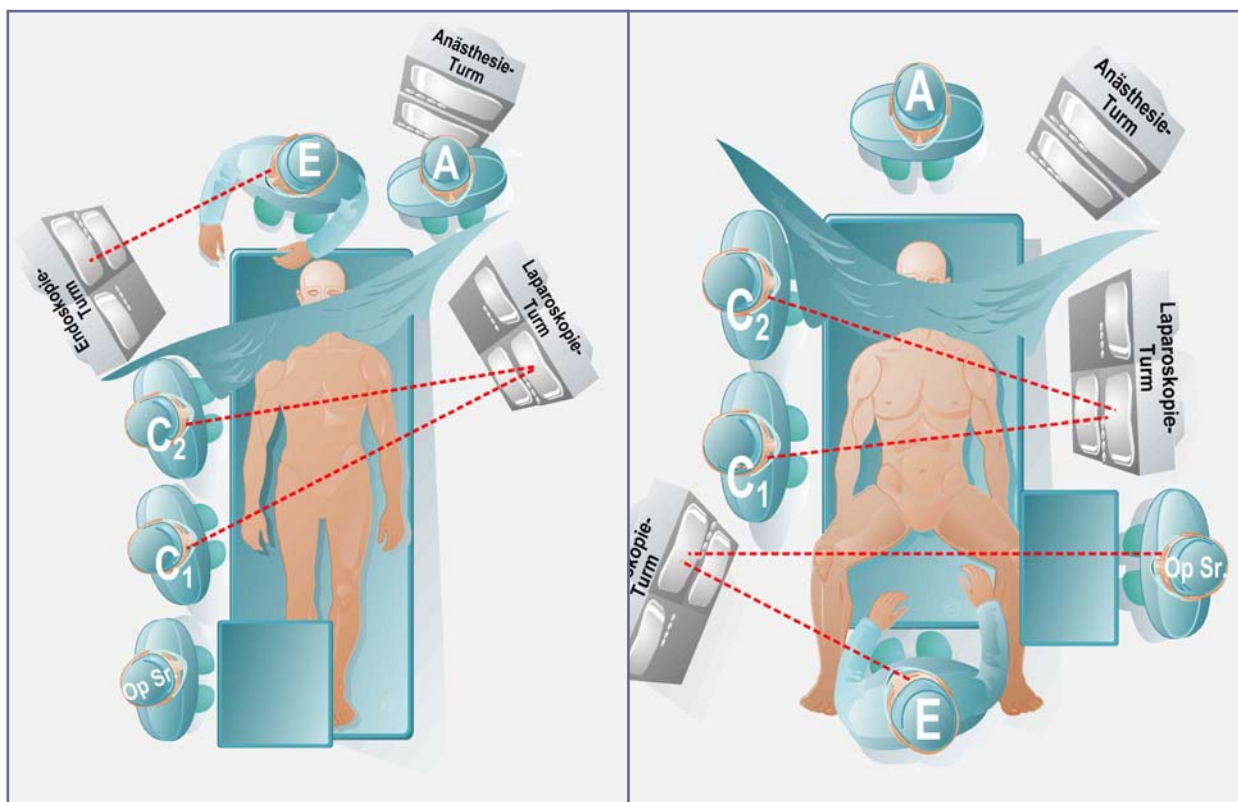


Abb. 16a Kombiniertes Interventionsplatz für Eingriffe am oberen GI Trakt

Abb. 16b Kombiniertes Interventionsplatz für Eingriffe am unteren GI Trakt

Diese Situation war auf Dauer nicht akzeptabel, da

- weder Chirurg noch Endoskopiker eine einwandfreie Sicht auf ihre jeweiligen Monitore hatten.
- die Einsichtnahme in den jeweiligen Gegengitus praktisch nicht möglich war.
- die um den OP-Tisch aufgefahrenen Geräteeinheiten praktisch nicht mehr bedienbar waren.
- Der Anästhesist in seiner Arbeit deutlich behindert wurde.
- Ergonomische Aspekte vollkommen vernachlässigt wurden.

Um eine für beide Seiten zufrieden stellende Arbeitsumgebung zu erreichen, musste ein völlig neues Geräte- und Positionierungskonzept entwickelt und realisiert werden.

Als Optimierungshilfe diente hierfür ein virtuelles, 3-dimensionales OP Modell, mit dessen Hilfe am Computer verschiedene Szenarien durchgespielt und hinsichtlich ihrer Wertigkeit beurteilt werden konnten. Dieses Modell wurde mittels eines

kommerziell erhältlichen 3D-CAD Programms (3D StudioMax Version 4.3, Discreet, Autodesk Inc., Canada) erstellt; die Personen entstanden dabei aus frei im Internet verfügbaren Meshes, welche an die benötigte Situation und Stellung angepasst wurden. Die gesamte OP Architektur mit den medizinischen Geräten hingegen wurden in Eigenarbeit erstellt (Abb. 17 a,b)^{24,42}.

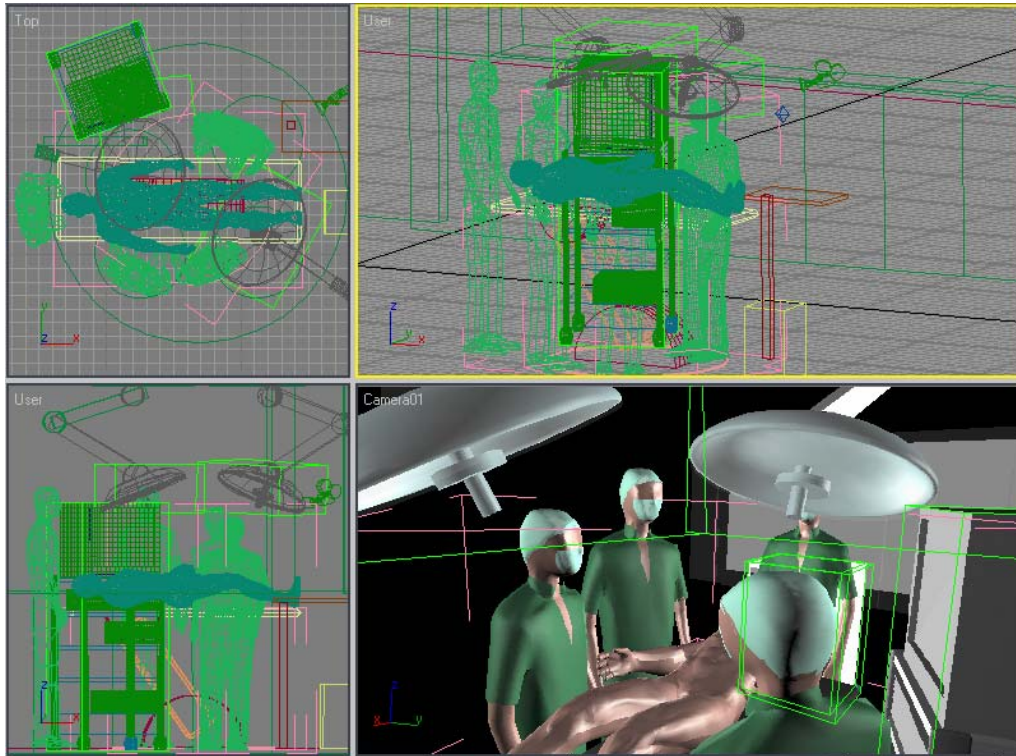


Abb. 17a Virtuelles 3D OP Modell zur Optimierung der Geräte-Anordnung. Die Akteure, wie auch Geräte sind dabei frei in einem realitätsgetreuen OP positionierbar.



Das Modell ist im Raum frei bewegbar; alle Module des Operationsaal (OP Tisch, Türme, Lampen etc.), sowie die Personen können frei positioniert werden.

Abb. 17b Durch Rendern („übersetzen“) der 3D-Information gelingt eine quasi-reale Darstellung des virtuellen OP, welche das Verständnis und die Umsetzung der Daten wesentlich erleichtert.

Darüber hinaus kann durch eine Kamera, welche ebenfalls frei im Raum, d.h. in diesem Falle, frei im OP positioniert werden kann, die Ansicht der verschiedenen Akteure simuliert werden. Die Module dieses virtuellen OP (Personen, OP Tisch, Monitor etc.) sind weiter frei skalierbar, womit z.B. auch unterschiedliche Personengrößen simuliert werden konnten.

Mit Hilfe des Programms gelingt es darüber hinaus auch, mehrere Ansichten des Modells simultan als split-screen darzustellen. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Positionierungen der einzelnen Module simultan aus Sicht des Laparoskopikers und des Endoskopikers, oder auch der OP Schwester zu beurteilen (Abb.18). Dies erleichtert die Ausrichtung der OP Module, ohne dass man ständig zwischen den verschiedenen Positionen (Laparoskopiker, Schwester etc.) wechseln muss.

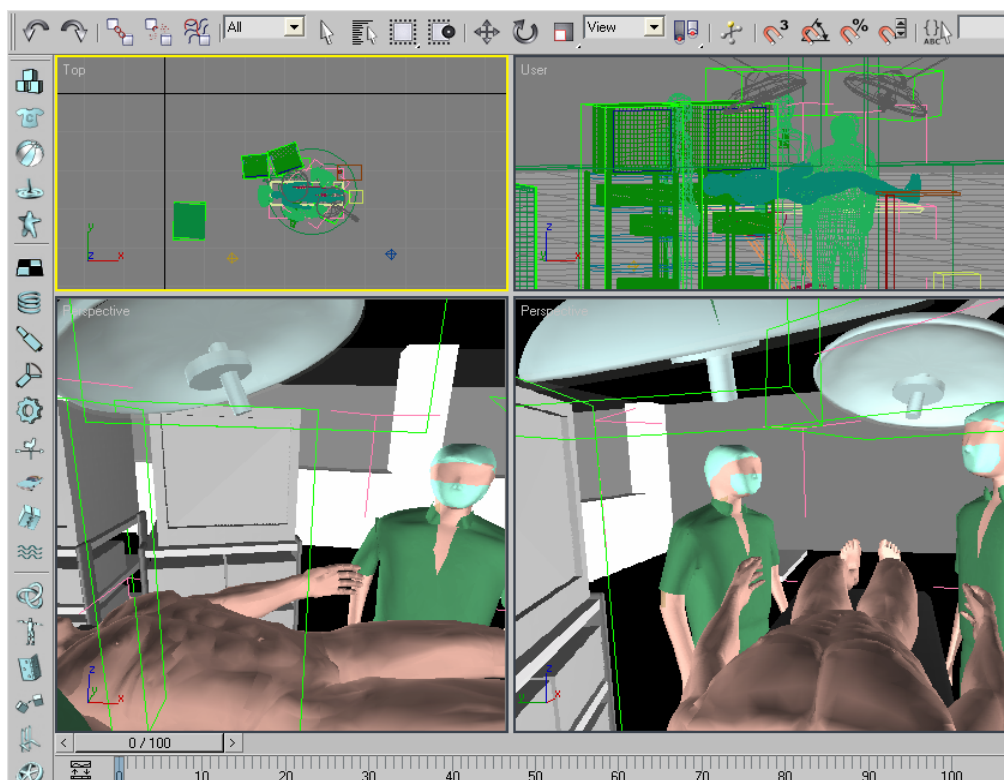


Abb. 18
Mittels frei wählbarer, perspektivischer Ansichten des virtuellen OP Modells, kann die simultane Ansicht aus verschiedenen Richtungen, hier dem Blickfeld des Endoskopikers und des Laparoskopikers, erreicht werden.

Da der virtuelle Patient zusätzlich mit virtuellen Organen versehen werden konnte, konnten Eingriffe für Läsionen unterschiedlicher Lokalisation simuliert werden (Abb. 19) ¹⁰⁹. Hierdurch gelang die prospektive Evaluation des optimalen OP Arrangements unter Berücksichtigung der anatomischen Lagebeziehung zwischen Operateur und Läsion. Das virtuelle OP Modell wurde im Verlauf der Evaluation jeweils an die aktuellen Gegebenheiten (Anzahl der Monitore, verschiedene Typen laparoskopischer Geräte etc.) angepasst, wodurch eine fortlaufende Nutzung garantiert werden konnte.

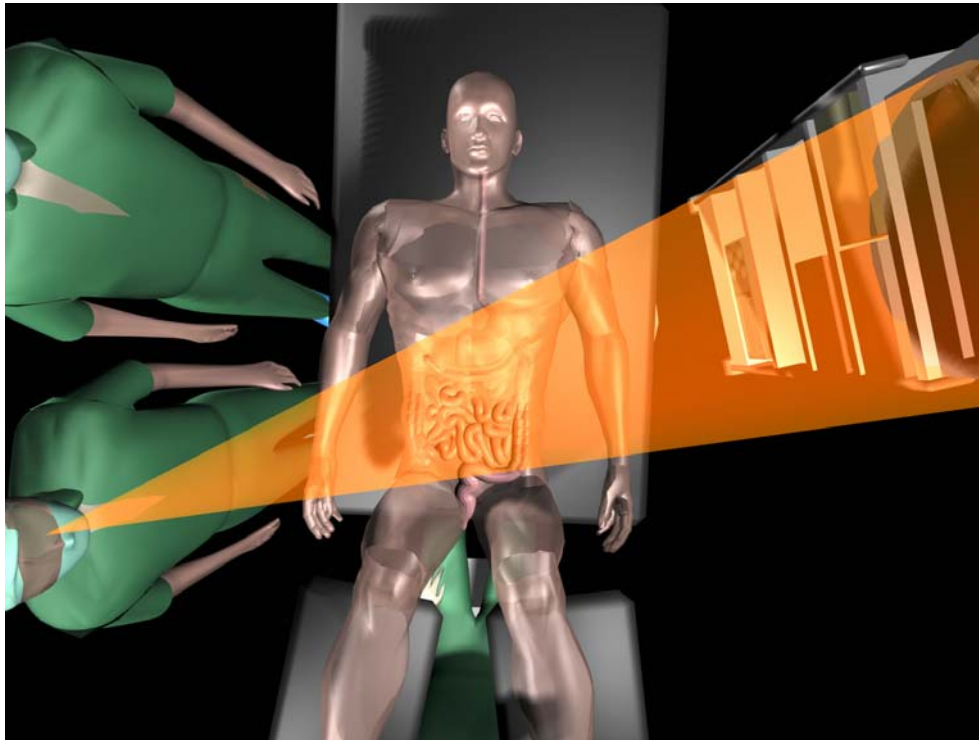


Abb. 19 Durch Einblendung der Patienten-Organen konnte die Geräte- und Mitarbeiterpositionierung verfeinert und die Realitätstreue deutlich gesteigert werden (Rot-oranger Kegel entspricht dem Blickfeld des Operateurs.)

Über ein Kamera plug-in für stereoskopische Kameras gelang es schließlich reale 3-D Ansichten zu generieren, welche mittels Shutter Brillen (Xidmary plug-in) oder autostereoskopischen Bildschirmen (3DVision mit firmeneigenen plug-in) betrachtet werden konnte. Hierdurch wurde die Realitätsnähe des Modells nochmals deutlich gesteigert, wobei jedoch für die Erstellung der stereoskopischen 3-D Ansichten in Abhängigkeit von der Auflösung des generierten Bildes deutlich längere Renderzeiten in Kauf genommen werden mussten (bis zu mehreren Stunden).

Mit Hilfe des Modells und den Erfahrungen, welche regelmäßig im Rahmen kombinierter Eingriffe im OP gewonnen wurden, erfolgte nun die Optimierung des Arbeitsablaufs und des OP Aufbaus. Als besonders kritischer Punkt musste dabei die adäquate Positionierung des Endoskopikers gelöst werden.

Der Endoskopiker muss zwingend eine Position im Bereich des Kopfes für Eingriffe am oberen GI Trakt und am gegenüberliegenden Körperende bei Eingriffen am unteren GI Trakt beziehen können, da er sich von hier aus einspiegelt.

Der Laparoskopiker hingegen befindet sich, mit interindividuellen Unterschieden, meist auf der rechten Patientenseite mit Blick auf den am Kopf oder fusseitig links

positionierten Gerätewagen. Nur bei Eingriffen am rechten Hemikolon und am Duodenum ist er auf der linken Seite des Patienten positioniert.

Entscheidend für eine adäquate Arbeitsumgebung der beiden Akteure, insbesondere bei langwierigen und anspruchsvollen Arbeiten, ist zunächst ein einwandfreier und ergonomisch optimierter Einblick auf den eigenen Kameramonitor.

Für laparoskopische Eingriffe muss der Monitor idealerweise in der Instrumentenachse positioniert werden (der Operateur zeigt quasi mit den laparoskopischen Instrumenten auf den Bildschirm – „optical correctness“). So wird eine beidhändig ergonomische Handhaltung garantiert; außerdem vereinfacht diese Position die Umsetzung des zweidimensionalen Monitorbildes auf den dreidimensionalen OP Situs, da hierdurch nur eine perspektivische Verzerrung in der Abbildung, jedoch keine Rotationstranslation entsteht. Die Distanz zum Monitor sollte dabei so gewählt werden, dass ein entspanntes Betrachten des Bildschirms möglich ist (keine übermäßige Nahadaptation, welche auf Dauer zur Ermüdung des Operateurs führt) und eine Einsicht in die Details der Darstellung gewährleistet wird. Die Höhe des Monitors entspricht der Augenhöhe des Operateurs. So einfach diese Forderungen erscheinen, gelingt bereits die Höhenadaptation bei Verwendung eines üblichen Trolleys nur selten, da dieser die Montagehöhe fest vorgibt.

Für den Endoskopiker gilt das oben genannte in gleicher Weise, wobei die optische Achse möglichst der Körperlängsachse entsprechen sollte. Der Unterschied zur Laparoskopie ergibt sich aus der Tatsache, dass der Endoskopiker nicht seitlich des Patienten, sondern aufgrund der Lagerung in dessen Längsachse steht.

Beide Akteure müssen außerdem die Handlungen des jeweiligen Kollegen verfolgen können; dies beschleunigt die erforderliche Kooperation und gestaltet sie effizienter. Im ersten Schritt wurde versucht, dieses Ziel durch Einblendung des Partnerbildes in den jeweiligen Arbeitsbildschirm zu erreichen („picture-in-picture“). Technisch ist die Umsetzung mittels Videoweiche verhältnismäßig einfach (Abb. 20).

In der klinischen Praxis war diese Lösung jedoch unbefriedigend, da das eingeblendete Bild entweder zu große Teile des Arbeitsbildes verdeckte oder bei entsprechender Skalierung nicht mehr zu interpretieren war. Daraus ergab sich die Forderung nach einem separaten Monitor für das Partnerbild. Damit war klar, dass diese Anforderungen mit der vorgegebenen Trolleylösung auf endoskopischer wie laparoskopischer Seite nicht umgesetzt werden konnte. Gründe dagegen waren

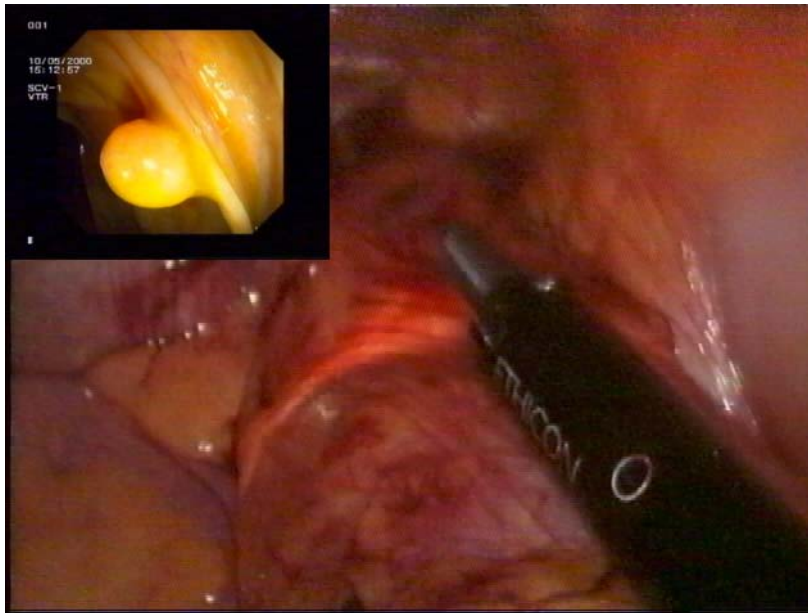


Abb. 20 Die Video Weiche ermöglicht die Darstellung mehrerer Videosignale auf einem Bildschirm; dazu werden verschiedene Video-streams fusioniert und können dann beliebig skaliert auf einem konventionellen Monitor ausgegeben werden.

neben der benötigten Stellfläche der Trolleys außerdem deren Unhandlichkeit in der Positionierung, ihre Größe und ihr Gewicht, sowie die Tatsache, dass durch die Gerätewagen der sterile OP Bereich unzugänglich wurde. Auch war es nicht möglich, den zusätzlich benötigten Monitor auf dem jeweiligen Trolley sinnvoll zu montieren. Weiter bedingt diese Lösung zahlreiche, auf dem Boden verlegte Kabel zur Ansteuerung der Türme, welche aus hygienischer und arbeitsicherheitstechnischer Sicht untragbar waren.

4.3.2. Visualisierung/Gerätedislozierung

Die Laparoskopieausrüstung allein nimmt bereits deutlich mehr Raum in Anspruch als die übliche Ausrüstung für die konventionell-offene Chirurgie. Für Kombinationseingriffe kommt noch der Turm für die flexible Endoskopie hinzu, sodass bei gegebener Raumgröße des Operationssaals erhebliche Anstrengungen erforderlich sind, um am Tisch ausreichend Arbeitsraum für den Operateur, dessen Assistenten und die OP-Schwester zu gewährleisten.

Die entscheidende Voraussetzung für die Realisierung der genannten Anforderungen war eine Trennung der Visualisation (Bildschirme) von den Gerätetrolleys. Dies geschah zunächst auf Seiten des Endoskopikers, da die Positionierung des Endoskopie-Trolleys die größten Schwierigkeiten bereitete. Hierzu diente ein head

mounted display (HMD), eine Videobrille (Olympus FMD-700, Olympus Inc. Hamburg) welche der Endoskopiker trug, um unabhängig von der Stellung seines Gerätewagens das endoskopische Bild zu betrachten (Abb. 21). Auch wenn Auflösung und Farbtreue bei weitem nicht dem originären Monitorbild entsprachen, reichte diese Visualisierung für den Großteil der Eingriffe aus¹¹²; dies gilt insbesondere deshalb, da es vor allem um die Lokalisation und nicht um die



Primärdiagnostik der Läsionen ging. Dazu wurde die Videobrille einfach mit dem zusätzlichen Video Ausgang des standardmäßig vorhandenen, endoskopischen Video-Recorders verbunden, das weiter vorhandene „Trolley-Monitorbild“ konnte dann dem Laparoskopiker zugewandt werden konnte.

Abb. 21 Das HMD (head mounted display) ersetzt den Bildschirm des Endoskopikers und ermöglicht so dessen freie und unabhängige Orientierung.

Insbesondere bei Eingriffen am unteren GI Trakt konnte somit eine deutliche Verbesserung der Situation erreicht werden, jedoch wurde die Brille bei langem Tragen als unangenehm empfunden und isolierte den Endoskopiker von der OP Umgebung. Da außerdem die optischen Qualitäten nicht restlos überzeugen konnten, wurde diese Lösung im weiteren Verlauf nur noch optional eingesetzt.

Die nächste Ausbaustufe stellte eine Deckenampel für die Visualisierung des endoskopischen Bildes dar, welche frei wählbar neben den laparoskopischen Trolley geschwenkt werden konnte. Aus Gewichts- und Platzgründen wurde hierfür erstmals auf LCD-Flachbildschirme (Siemens) zurückgegriffen, auch wenn diese wiederum nicht die Auflösung und den Kontrast der üblichen Röhrenmonitore erreichten. Der Monitor wurde hierzu an einem mehrgelenkigen Arm befestigt, welcher an der

Stirnseite des OP Saals montiert war und konnte bei Eingriffen am oberen GI Trakt direkt neben den laparoskopischen Monitor gestellt werden. Da die Kabelzuführung über den Schwenkarm erfolgte, entfielen bei dieser Lösung auch die auf dem Boden verlegten Kabel. Die Akzeptanz dieser Lösung war groß, leider vereitelte die Montage des Armes jedoch den Einsatz am unteren GI Trakt, da der Arm für die Positionierung am Fuß des Patienten zu kurz war. Außerdem waren weiter zwei Trolleys für die Unterbringung der laparoskopischen und der endoskopischen Geräteeinheiten notwendig, was einen großen Platzbedarf bedingte und die Flexibilität einschränkte.

Aufgrund ausgiebiger Untersuchungen mit dem oben dargestellten 3-D-Modell wurde klar, dass die größtmögliche Flexibilität durch eine so genannte zentrale „Ampellösung“, d. h. die Montage der Monitore an Deckenampeln mit Montagepunkt direkt über dem Patienten, erzielt werden konnte. (Abb. 22)

Hierdurch kam es zur vollständigen Trennung zwischen Gerätewagen und Monitore. Durch die zentrale Kabelzuführung über die Decke kam es zu einem sauberen und allseits akzeptierten Kabelbild und auch der Einsatz-/Schwenkradius der Monitorampeln wurde den Anforderungen durchaus gerecht. Wir nutzten zwei Ampeln, eine für den Laparoskopiker mit einer doppelten Monitorbestückung für das laparoskopische und das endoskopische Bild. Die zweite Ampel wurde nur mit einem Monitor versehen und diente der Darstellung des endoskopischen Bildes oder wenn dies nicht notwendig war, als weiterer laparoskopischer Monitor.



Abb. 22 Durch stetige Anpassung des virtuellen OP Modells konnte die optimierte Verteilung und Positionierung der Geräte gefunden werden.

Was die Generierung des jeweiligen Bildes anbetrifft, stellte es sich schon bald heraus, dass für Kombinationseingriffe nur moderne 3-Chip Videoendoskope

eingesetzt werden können, da ansonsten der Überblendeffekt durch den Lichtschein der laparoskopischen Optik das endoskopische Bild praktisch auslöscht.

Auf laparoskopischer Seite ist hingegen keine besondere Anpassung der Geräte an den kombinierten Arbeitsplatz erforderlich; die Geräte können ohne Modifikation eingesetzt werden.

Da die LCD Flachbildschirme bei geringem Platzbedarf nur eine qualitativ schlechtere Darstellung des laparoskopischen und endoskopischen Situs ermöglichten, die üblichen Röhrenbildschirme aufgrund der Größe jedoch nicht akzeptabel waren, erfolgte im weiteren die Umstellung auf Plasmabildschirme.

Diese wiesen neben einer besseren Punktauflösung zusätzlich eine bessere Kontrastdarstellung auf und boten einen weiteren Einblickwinkel. Zusätzlich weisen diese Geräte eine deutlich höhere Lebensdauer auf.

4.3.3. Integriertes OP-System

Die Trennung des Gerätewagens vom Monitor brachte neben der freien Positionierbarkeit des Monitors den entscheidenden Vorteil, dass die Mehrzahl der Geräte nun in die Peripherie des OP Saals verbracht und hier mit weiteren im OP benötigten Geräten kombiniert werden konnten (z.B. Elektrokauter). Hierdurch konnte der immer umfangreichere Gerätepark innerhalb des OP Saals deutlich reduziert werden. Dabei werden alle Geräte einer gemeinsamen Steuerung unterworfen, welche vom OP Tisch aus bedient werden kann. So hat der Chirurg die Möglichkeit selbst die Einstellungen und Parameter seiner laparoskopischen Geräteeinheiten zu verändern und an seine Bedürfnisse anzupassen.

Neben der Integration der OP Geräte (Videoeinheit, Kaltlicht, Saug-Spül-Einheit etc.) können auch weitere Funktionalitäten erfasst werden, wie beispielsweise die OP Beleuchtung und die Raumverdunklung (Tab.18).

Durch Anbindung an die klinikinternen Datennetzwerke ermöglicht der integrierte OP darüber hinaus den Zugriff auf Telefonie, PACS, Telemedizininfrastruktur, KIS etc.. Diese können dann als Erweiterung der Funktionalität direkt durch den Operateur vom OP Tisch aus und unter Wahrung der sterilen Kautelen bedient werden. Dies ist insbesondere für den kombinierten Interventionsarbeitsplatz von Bedeutung, da im Rahmen kombinierter Interventionen neben dem operativen Vorgehen ein erheblicher organisatorischer und kommunikativer Aufwand betrieben werden muss.

Tab.18 Durch OP-Integration erfasste und zentral steuerbare Geräte und Funktionalitäten

<i>Laparoskopie</i>	<i>OP Saal</i>	<i>EDV</i>	<i>Akzess. Geräte</i>
Saug-Spüleinh. Videoquelle Kaltlicht Videorecorder HF Gerät	OP Tisch OP Beleuchtung Raumbeleuchtung Telefon Raumverdunkelung	Datenmanagement Bildarchivierung KIS/PACS Telekonsultation	Pager Endoskopie Röntgen Ultraschall

Durch die Integration des Endoskopieturms muss das assistierende OP Personal einen zusätzlichen Akteur (Endoskopiker) während des Eingriffs betreuen; somit obliegt ihm eine zusätzliche Aufgabe, so dass die Steuerung der OP Geräte durch den Operateur selbst eine gern akzeptierte Erleichterung darstellt; außerdem beschleunigt und Vereinfacht sich der work-flow hierdurch nochmals deutlich.

Das zentrale Steuern der OP-Geräte ist derzeit nur für chirurgischen/laparoskopischen Geräte verfügbar, so dass die Steuerung des Endoskopieturms bzw. dessen Geräte nicht vom Chirurgen übernommen werden kann. Jedoch verfügen moderne Endoskopieeinheiten meist über eine am Endoskopkopf angefügte Steuerung der wichtigsten Funktionen (z.B. Videorecorder, Standbild etc.), zusätzliche Veränderungen der Geräteeinstellung am Endoskopieturm sind zudem selten notwendig.

Durch die Integration und Dezentralisierung der laparoskopischen Geräte wird jedoch bereits der notwendige Platz geschaffen, welcher für den Einsatz des endoskopischen Trolleys benötigt wird.

Die Steuerung des integrierten OP Saals erfolgt dabei über sterile Touch-Screens, Computer-Mäuse und individuell angepasste Eingabemodule, sowie über Spracheingabe via voice-control. So hat der Operateur jederzeit die volle Kontrolle über die Geräteperipherie, eine Tatsache die sich insgesamt positiv auf den Arbeitsablauf auswirkt. Die Geräte können im Folgenden in einen beliebigen Bereich innerhalb des OP untergebracht werden, wobei einzig die Saug-Spül Einheit und das Lichtleiterkabel limitierend wirken, da sie nicht beliebig verlängert werden können.

Die zentrale Steuerung und Umschaltung erweist sich aber im Falle des kombinierten Interventionsarbeitsplatzes als weiterer entscheidender Vorteil, da hierdurch alle Kabel und Videosignale zentral zusammenlaufen und erst dann wieder verteilt werden. Dies lässt eine durch den Operateur frei wählbare Monitorkonfiguration

realisieren, bei der er selbst entscheidet, welches Video-Signal auf dem zusätzlichen montierten Bildschirm gezeigt wird. Zur Verfügung hierfür stehen z.B. die präoperative Diagnostik, wie aufgezeichnete CT Scans oder die präoperative Endoskopie.

Zusammenfassend ergibt sich aus hieraus der kombinierte Interventionsarbeitsplatz, welcher im Folgenden für den oberen und unteren Gastrointestinaltrakt beschrieben werden soll.

4.3.4 Kombiniertes Interventionsarbeitsplatz für Eingriffe am Oberen GI Trakt

Im Falle einer kombinierten Intervention am oberen GI Trakt, befindet sich der Operateur in der Regel rechtsseitig des Patienten und betrachtet den OP Situs über einen im Bereich der linken Schulter des Patienten und entlang der Instrumentenachse positionierten Monitor. Der Patient befindet sich in Rückenlage, die Trokare werden über den Bauchnabel, sowie vorrangig über die rechte Patientenseite eingebracht. Alternativ kann sich der Laparoskopiker auch zwischen die Beine des Patienten stellen, wobei der Befundschirm dann direkt über den Patienten positioniert werden sollte; dies ist bei Verwendung eines Trolleys für den Bildschirm nicht möglich, sondern setzt die Deckenmontage der Bildschirme voraus.

Der Endoskopiker hingegen teilt sich den Platz mit dem Anästhesisten am Kopf des Patienten, also jenseits des Tuches zwischen Anästhesie und OP Feld.

In dieser Position teilt er sich die zur Verfügung stehende Fläche mit dem Anästhesisten. An sich wäre es wünschenswert, dass auch hier die „optical correctness“ eingehalten würde, d.h. eine axiale Blickrichtung über das Handling des Endoskops und den Arbeitsort auf den Monitor. In praxi müssen hier jedoch meist Kompromisse gemacht werden. So befindet sich der endoskopische Gerätetrolley mit den endoskopischen Geräten meist hinter ihm links, jedoch in ausreichender Nähe zum Kopf des Patienten. Hierdurch kommt es in der Regel nicht zur Behinderung der anästhesiologischen Geräte, die meist rechts des Patienten lokalisiert sind. Der endoskopische Situs wird über einen separaten, am Fußende des Patienten positionierten Monitor demonstriert. Alternativ besteht die Möglichkeit der Visualisierung via HMD (head mounted display). Der Kameraassistent steht neben dem Operateur und filmt von hier den OP Situs. Die instrumentierende Schwester befindet sich auf der linken Patientenseite und behindert hiermit nicht den

Blick des Endoskopikers. Je nach exakter Lokalisation des Befundes verändert sich die Position des Chirurgen wie auch des OP Monitors.

Neben dem chirurgischen Monitor wird auf einem weiteren Bildschirm zusätzlich das endoskopische Bild dargestellt. So hat der Operateur jederzeit Einblick in den endoluminalen Situs. (Abb. 16a)

Für intrathorakale Eingriffe wird normalerweise der gleiche Aufbau verwendet, mit der Ausnahme, dass der Patient in Linksseitenlage gelagert wird.

4.3.5 Kombiniertes Interventionsarbeitsplatz für Eingriffe am Unteren GI Trakt

Noch anspruchsvoller ist eine geeignete Positionierung des endoskopischen und laparoskopischen Teams bei Eingriffen am Colon. Der laparoskopische Operateur steht immer auf der gegenüberliegenden Seite des Befundes. Der Endoskopiker befindet sich hingegen zwischen den Beinen des in verdeckter Steinschnittlage befindlichen Patienten. Aus dieser Position heraus ist eine angemessene Positionierung des Monitors besonders schwierig, da die „Sicht nach vorne“ durch ein steriles Abdecktuch verdeckt ist.

Der Geräteturm muss hingegen am Fußende des Patienten, in unmittelbarer Nähe und links hinter dem Endoskopiker positioniert werden. In dieser Situation hat sich die Verwendung eines so genannten HMD („head mounted display“) für den Endoskopiker besonders bewährt. Alternativ dient ein über dem Kopf des Patienten linksseitig positionierter Monitor.

Der Laparoskopiker orientiert sich mit der Instrumentenachse Richtung Unterbauch auf der der Läsion abgewandten Seite, so dass der Monitor bei Läsionen im Sigma-Rektumbereich am Fußende links und bei Läsionen am Coecalpol und dem unteren C. ascendens am rechten Fußende steht. (Abb. 16b)

Eingriffe am Transversum, sowie an der rechten und linken Flexur entsprechen wiederum in der Ausrichtung den Eingriffen am Oberbauch.

Die instrumentierende Schwester befindet sich meist neben dem chirurgischen Monitor und verfolgt die Operation über einen separaten Bildschirm auf der Gegenseite.

4.4 Evaluation des integrierten Arbeitsplatzes

4.4.1 Vergleichbarkeit beider Gruppen

Insgesamt 100 laparoskopische Eingriffe wurden hierfür nach zufälliger Zuweisung entweder mittels einer konventionellen oder einer integrierten laparoskopischen OP Einheit durchgeführt. Die Eingriffe verteilten sich hierbei zu gleichen Teilen auf beide Gruppen. Trotz zufälliger Zuweisung zeigte sich außerdem eine in etwa gleiche Verteilung unterschiedlicher Eingriffstypen in beiden Gruppen. Die durchschnittlichen OP Zeiten (Schnitt-Naht Zeitraum) in beiden Gruppen waren ähnlich und zeigten keinen signifikanten Unterschied. So dauerten die Eingriffe bei Verwendung des integrierten OP Systems durchschnittlich 54,3 min (+/- 4:25 min) und in der Vergleichsgruppe 58,6 min (+/- 4:59 min). Die Auswertung ergab einen Testwert von $p = 0,115$.

Sowohl das bedienende Personal, sowie die Operateure waren in beiden Gruppen gleich vertreten, so dass beide Gruppen insgesamt als vergleichbar angesehen werden können.

4.4.2 Ergebnisse der Evaluation

Erwartungsgemäß bedingt eine integrierte OP Kontrolle einen erhöhten Bedienungsaufwand und längere Zeiten für den Systemstart. Deshalb wurden diese Daten für beide Systeme getrennt erfasst. Folgende Werte ergab die Auswertung.

Tab. 19 Zeiten für den Aufbau (Upset) und Abbau (Reset) der laparoskopischen OP Einheit im Vergleich zwischen konventionellem und integrierten OP.

	<i>Upset (unsteril)</i>	<i>Upset (steril)</i>	<i>Reset</i>	<i>Summation</i>
Konvention. OP	5:19 (+/- 42 s)	5:05 (+/- 24 s)	3:59 (+/- 17 s)	14:23 min
integrierter OP	5:42 (+/- 34 s)	4:19 (+/- 13 s)	4:30 (+/- 15 s)	14:31 min

Bei signifikant kürzerem Turm Upset vor Lagerung und Abwaschen des Patienten (Upset unsteril – Anschalten und Vorbereiten der Geräteeinheiten) (Testwert $p=0,034$), zeigen der Upset nach Abwaschen und Abdecken des Patienten (Upset

steril – Verkabelung der Kamera, Anschließen der Saug-Spüleinrichtung etc.) (Testwert $p=0,363$) und der Abbau des Turms (Reset) (Testwert $p=0,08$) keine signifikanten Unterschiede.

Die gesamte Turmbedienung zeigt bei einem Testwert von $p=0,072$ ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

Nachdem der Turm aufgebaut und verkabelt ist (gesamtes Setup), sind weitere Zugriffe und Bedienschritte notwendig, um den Turm an die jeweiligen Gegebenheiten anzupassen. Hierzu zählt z.B. die Einstellung der Lichtstärke, das Steuern des Videorecorders, die Bedienung der Saug-Spüleinheit usw.. Diese Bedienschritte können bei Verwendung des integrierten Systems vom Tisch aus vorgenommen werden, da eine dem Operateur und seinen Assistenten zugängliche zentrale Kontrolle ermöglicht wird. Die vorgenommenen Zugriffe auf die laparoskopische Einheit während der OP wurden im Weiteren erfasst, wobei auch die bedienende Person dokumentiert wurde. Somit ergeben sich für die beiden Systeme die in Tabelle 20 angegebenen Bediendaten.

Zusammenfassend ergibt sich hieraus eine Entlastung des assistierenden Personals im Saal („Springer“) zu mehr als 74% bei Verwendung des integrierten OP Systems. Diese Entlastung resultiert aus der Umverteilung der Bedienschritte auf das am Tisch vorhandene Personal. Die Mehrzahl der Zugriffe erfolgt hierbei durch den Operateur selbst (33,4%).

Tab. 20 Zugriff auf die laparoskopische OP Einheit im Vergleich zwischen konventionellem und integriertem System und unter Berücksichtigung des Bedieners

<i>Systemzugriff</i>	<i>Integrierte Einheit</i>		<i>Konventionelle Einheit</i>	
Operateur		156		0
Assistent am Tisch		138		0
Instrument. Schwester		53		0
Springer		120		573
Summe		467		573

Bei einer konventionellen laparoskopischen Einheit ist der Zugriff aus der sterilen Umgebung des OP Tisches nicht möglich, so dass alle Zugriffe auf Anweisung hin durch den Springer vorgenommen werden müssen.

Dies schlägt sich auch in der zeitlichen Inanspruchnahme des Springers nieder, der nun wesentlich seltener benötigt wird. Sie vermindert sich bei Verwendung des integrierten OP Systems von 8min 9sek (+/- 45 sek.) auf 3min 6sek. (+/-43 sek.) Der Testwert beträgt $p < 0,001$, der Unterschied ist somit signifikant verschieden. Diese Zeitersparnis auf Seiten des Springers erweist sich gerade bei kombinierten Interventionen als wertvoll, muss der Springer doch neben dem chirurgischen Team auch den Endoskopiker betreuen.

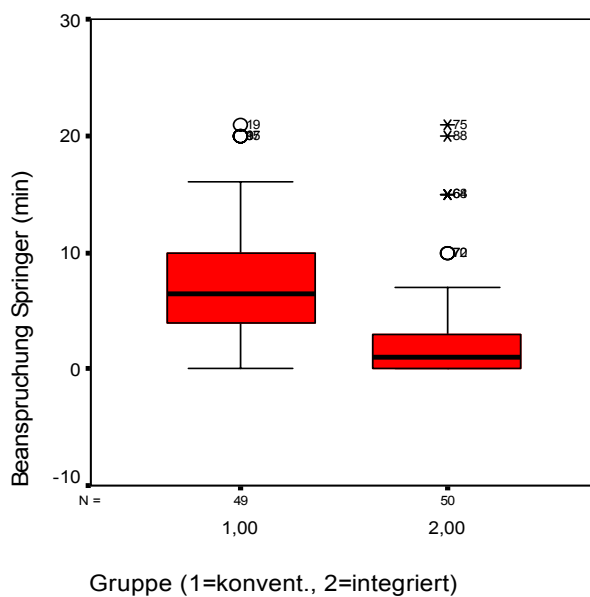


Abb. 23 Boxplot Darstellung der durchschnittlichen Beanspruchung des Springers bei Verwendung eines konventionellen (1) und eines integrierten (2) OP Systems

8min9s

3min6s

Die Anzahl an aufgetretenen Probleme waren nicht signifikant verschieden, sie lagen bei der integrierten Gruppe bei einer Frequenz von 0,44 (+/- 0,108) pro Eingriff, bei der Kontrollgruppe bei 0,38 (+/- 0,089) pro Eingriff (Testwert $p = 0,0909$). Erfasst wurden dabei etwa ein Nicht-Ansprechen der Geräte oder eventuelle Fehlfunktionen (V.a. Saug-Spül Einheit). Zu einem Systemabsturz der integrierten Steuerung kam es zweimal während der Evaluationsphase. Alle Probleme waren korrigierbar und führten nicht zu einer relevanten Unterbrechung oder gar Konversion. Die Auswirkung auf die Operationszeit wurde in die Auswertung miteinbezogen.

Die Auswertung der subjektiven Bewertung der verschiedenen Systeme zeigte ein Überwiegen der Kategorie 1 (sehr gut, ohne Einschränkungen) für das integrierte System und ein Bevorzugen der Kategorie 2 (gut, mit Einschränkungen) für das konventionelle System. Die Durchschnittsnote betrug 1,7 (+/- 0,61) für den konventionellen OP und 1,5 (+/- 0,83) für den integrierten OP. Hierbei wurden

Bewertungen für alle Eingriffe und von Seiten des Operateurs, des Assistenten und des Springers berücksichtigt. Die Bewertung erfolgte dabei innerhalb der einzelnen Gruppen (Operator, Springer, ...) in etwa gleich, wobei immer das integrierte System bevorzugt wurde. Die beiden Gruppen unterschieden sich signifikant bezüglich dieses Parameters (Testwert für die Gesamtbenotung $p=0,032$). Die zweimalige Bewertung des integrierten Systems mit 4 (unzufriedenstellend) korrelierte mit den beschriebenen Systemabstürzen.

4.5 Zeitliche Koordination von Laparoskopie und Endoskopie

Das moderne Gesundheitswesen ist geprägt von einer innerdisziplinären Spezialisierung und Prozessoptimierung, um die größtmögliche Effektivität in einer Abteilung zu erreichen. Dies führt dazu, dass in einer Einheit der Tagesablauf und die Patientenversorgung eng an terminliche Abläufe gebunden ist, welche für den jeweiligen Bereich optimiert sind.

Dies gilt im besonderen Maße für die Endoskopie-Abteilung und erst recht auch für den Chirurgischen OP. Ein Zusammenführen dieser beiden Funktionseinheiten innerhalb des chirurgischen OP's stellt beide Teams nicht nur vor die beschriebenen technischen Schwierigkeiten, sondern verlangt eine vollständige Umorganisation, insbesondere auf Seiten der hinzu gerufenen Endoskopie. Eine primäre Orientierung an der Operationseinheit, bzw. dem Laparoskopieur ist zwar plausibel, da der Operationsarbeitsplatz wesentlich höheren Betriebskosten unterworfen ist und dort eine Abhängigkeit von einem weit größeren Personalstamm und weiteren versorgenden Einheiten (Anästhesie) besteht.

Dem gegenüber ist aber zu berücksichtigen, dass die Organisationsabläufe innerhalb der Endoskopie, da besser planbar, wesentlich engeren und verbindlicheren Zeitvorgaben unterworfen ist und das „Warten auf eine kombinierte Intervention“ den Gesamtablauf innerhalb dieser Einheit wesentlich beeinträchtigt.

In der untersuchten Einrichtung war die Situation darüber hinaus noch dadurch kompliziert, dass das endoskopierende Team in der Mehrzahl der Fälle nicht aus der Chirurgie kam, sondern der Medizinischen Klinik angehörte. Dies erschwerte die Zusammenarbeit wesentlich, da beide Bereiche, die Endoskopie wie die Laparoskopie ihrer Fachabteilung verantwortlich gegenüber war. Weiter bestand eine gewisse räumliche Trennung beider Bereiche.

Diese Problematik konnte dadurch weitgehend beseitigt werden, dass die Mehrzahl der kombinierten Interventionen jeweils an einem festen Tag innerhalb der Woche und zu einem festen Zeitpunkt an diesem Tag durchgeführt wurden. Dieser Termin wurde am Wochenanfang festgelegt, so dass sich auf beiden Seiten die Wochenplanung und die Einteilung benötigter Ressourcen daran orientieren konnten. Weiter zeigte es sich, dass eine Anwesenheit des Endoskopikers von Anfang an nicht von Nöten war, da wie bereits zuvor beschrieben, das Einspiegeln erst nach Setzen aller Trokare und Inspektion des Situs durch den Chirurgen erfolgen durfte, um eine akzidentielle Organverletzung zu vermeiden. Dieses Einsehen des Abdomens, bzw. des Thorax war erst nach Einleitung der Narkose, dem Abwaschen und Abdecken des Patienten, sowie dem Anschluss der benötigten Instrumente und Apparate der Laparoskopieeinheit möglich, so dass ein gewisser Vorlauf für den Endoskopiker bestand. Um den Arbeitsablauf innerhalb des OP jedoch nicht zu sehr zu verzögern, erwies es sich als vorteilhaft, den Endoskopieturn bereits vor dem Operationsanfang vollständig zu konnektieren und zu positionieren, d.h. schon bevor der Endoskopeur den Operationstrakt betrat. Diese Aufgabe war nach kurzem Einlernen vollständig durch den chirurgischen Assistenten möglich.

Wurde zu Beginn noch eine der medizinischen Abteilung zugehörige Endoskopieeinheit verwendet, welche daher für jeden Eingriff in den OP gebracht werden musste, konnte im weiteren Verlauf durch Drittmittel eine eigene Endoskopieeinheit erworben werden, welche ausschließlich für diese Zwecke im OP verbleiben konnte. In der weiteren Planung wird diese Endoskopieeinheit fester Bestandteil des integrierten OP werden.

Einzig die benötigten Endoskope mitsamt den Ventilen, Kappen und Zubehör waren in Folge aus der endoskopischen Abteilung in den OP zu bringen, da im Operationstrakt nicht die benötigten Einrichtungen zur Wiederaufbereitung und Desinfektion dieser Geräte bestand. Da das Klinikum eine Einrichtung höchster Versorgungsstufe war, mussten um keine Engpässe in der Patientenversorgung hervorzurufen, eigene Endoskope für Interventionen am oberen und unteren GI Trakt beschafft werden, was wiederum über Fördermittel gelang.

5.0 Diskussion

Jeder therapeutische Eingriff sollte nur so invasiv wie unbedingt nötig und so schonend wie möglich durchgeführt werden.

Bei der Behandlung von benignen und frühen malignen Läsionen des Gastrointestinaltrakts – sofern diese Art von Läsionen überhaupt präoperativ diagnostiziert werden konnte – war ursprünglich die offene chirurgische Resektion die einzige mögliche Behandlungsoption. Mit der erfolgreichen Einführung der flexiblen interventionellen Endoskopie wurde die überwiegende Zahl polypoider bzw. sonstiger proliferativer Prozesse im oberen und unteren Gastrointestinaltrakt von endoluminal her behandelbar. Mit der Schlingenabtragung können heute ca. 90 bis 97 % aller Schleimhautneubildungen für den Patienten sehr schonend und kostengünstig ambulant entfernt werden. Bei verhältnismäßig geringem Aufwand und bemerkenswert niedrigen Komplikationsraten^{37,80} kann auf diese Weise eine entscheidende Karzinomprävention geleistet werden. Dies zeigt auch die Münchener Polypektomiestudie, welche prospektiv Komplikationen im Rahmen von Polypektomien erfasst. Gemäß dieser Studien ergaben sich Komplikationsraten von 5,6% für das Auftreten von Blutungen und von 0,013% für das Auftreten von Perforationen^{25,39}.

In etwa 3 bis 5 % (im einzelnen Studien sogar 15%¹⁸) der Fälle ist jedoch eine endoskopische Resektion der Schleimhautneubildung nicht möglich, sodass dann nach wie vor eine chirurgische Resektion erforderlich ist. Aus chirurgischer Sicht ist diese Indikation nicht ganz unbedeutend, denn angesichts der hohen Endoskopiefrequenz ist statistisch mit mindestens 2000 Eingriffen dieser Art pro Jahr zu rechnen.

Das Verfahren der Wahl war in diesen Fällen bisher die tubuläre Resektion des die Läsion tragenden Magen- oder Darmsegmentes. Nach Literaturangaben sind die Mortalität und Morbidität beim chirurgischen Vorgehen hierbei deutlich ungünstiger als im Fall einer endoskopischen Abtragung^{3,82,88,89,116}. In diesen Fällen eine weniger invasive Form der chirurgischen Behandlung zu erreichen, ist nicht nur aus prinzipiellen Gründen wünschenswert, sondern macht auch in Zusammenhang mit den heutigen Anstrengungen zur Früherkennung des Kolonkarzinoms Sinn. Wenn

der Öffentlichkeit deutlich gemacht werden könnte, dass die Früherkennung eine sehr viel weniger invasive Behandlung nach sich zieht als die bisher übliche „offene“ Operation, würde das sicherlich die Motivation für Screening-Untersuchungen weiter verbessern.

Als praktische Alternative zur offenen tubulären Resektion kommt heute die laparoskopische lokale Exzision in Frage. Die Weiterentwicklung der laparoskopischen Operationstechnik und insbesondere der Operationsinstrumente (Stapler etc.) macht diese Eingriffe heute relativ unproblematisch. Theoretisch bietet dabei die laparoskopische lokale Exzision alle Vorteile des minimal-invasiven Vorgehens wie die Verringerung der Wundfläche, weniger Schmerzen, schnellere Rekonvaleszenz usw..

Einschränkend muss aber berücksichtigt werden, dass der Beweis dafür in Form eines direkten Vergleichs bisher noch aussteht. Allerdings ist das laparoskopische Vorgehen bisher noch mit methodischen Einschränkungen behaftet. Das Kernproblem stellt die exakte Lokalisation der Läsion dar, die eine *conditio sine qua non* für die lokale Excision darstellt. In der Regel ist dafür eine geeignete prä- oder intraoperative Markierung erforderlich.

Bedeutung der intraoperativen Endoskopie

Häufig wird dafür die präoperative endoskopische Farbmarkierung empfohlen^{7,38,58}, die jedoch aus zahlreichen Gründen alles andere als ideal ist. So gibt es etwa noch keinen wirklich geeigneten Farbstoff für eine exakte und permanente Markierung; am ehesten scheint derzeit die im japanischen Schrifttum empfohlene Tusche den Ansprüchen gerecht zu werden. Das in Europa häufig verwendete Methylenblau diffundiert sehr rasch ab und kann deshalb nur kurz vor dem Eingriff appliziert werden, wobei dann die immer noch deutliche Gasansammlung stört.

Gemeinsam ist allen Farbmarkierungsverfahren, dass eine exakte Demarkierung der Läsionsgrenzen nicht möglich ist. Die Resektion muss deshalb großzügiger als eigentlich erforderlich vorgenommen werden; meist ist sogar eine Segmentresektion erforderlich. Dadurch wird das Bemühen um möglichst sparsame Exzisionen konterkariert. Einige Arbeitsgruppen haben alternativ die Verwendung von Metallclips zur Markierung der Läsion untersucht^{76,85,107}. Während die Lage der Clips bei der konventionellen Resektion durch Palpation überprüft werden kann, erfordert dies bei

der laparoskopischen Vorgehensweise den Einsatz eines Bildwändlers oder der Sonographie und ist technisch sehr anspruchsvoll. Jüngste Veröffentlichungen welche eine Lokalisation mittels navigierter Endoskopie oder durch den Einsatz radioaktiver Tracer beschreiben, die anschließend durch eine Gamma Kamera detektiert werden, sind Ausdruck der andauernden Suche nach einer geeigneten Methode²¹.

Alternativ zur Clip- und Farbmarkierung besteht die Möglichkeit der intraoperativen, simultanen Endoskopie zur Lokalisation des Befundes^{19,71}. Sie gilt als aufwändiges, jedoch sehr zuverlässiges Verfahren zur Verifikation der Befundlokalisierung. Der Einsatz der intraoperativen Endoskopie bei laparoskopischen Koloneingriffen beeinflusst das chirurgische Management dabei in bis zu 66 % der Fälle, wie Zmora in einer Arbeit aus dem Jahre 2003 berichtet¹²⁵. So konnten in seinem Patientengut alle Läsionen endoskopisch lokalisiert werden und die laparoskopische Resektion dementsprechend durchgeführt werden. Der Autor findet dabei keine mit der Endoskopie korrelierenden Komplikationen. Die Endoskopie bietet dabei neben der reinen Lokalisation aber noch diverse zusätzliche Vorteile, wie Assistenz bei der Resektion oder etwa die Überprüfung auf Dichtigkeit des Wundverschlusses. Diese Vorteile der Endoskopie bei den bekannten Nachteilen der alternativen Verfahren waren der Hauptgrund, sie im eigenen Krankengut während laparoskopischer Eingriffe zu nutzen und als kombiniertes laparoskopisch-endoskopisches Vorgehen konsequent einzusetzen.

Die hier dargestellten Ergebnisse belegen dabei, dass die Technik der kombinierten laparoskopisch-endoskopischen Excision auch unter Bedingungen der klinischen Routine praktikabel ist. So können alle dem Endoskop zugänglichen Bereiche des Gastrointestinaltraktes therapeutisch angegangen werden; für den Laparoskopieur erwies sich die endoskopische Assistenz hierbei als sehr wertvoll. Bis auf eine Ausnahme gelang es in allen Fällen, den Befund endoskopisch einzustellen und in Folge kombiniert zu reseziieren. In keinem der 183 Fälle kam es durch den Einsatz der Endoskopie zur Komplikation, sodass der Nutzen den betriebenen Aufwand rechtfertigt. Die initial längeren OP-Zeiten sowie die notwendigen Organisationsschritte konnten durch Verbesserung des Arbeitsablaufes im Verlauf der Evaluation deutlich reduziert werden.

Operative Technik

Die angewandten kombiniert laparoskopisch-endoskopischen Verfahren sind sowohl für den Magen als auch das Colon bereits zuvor beschrieben worden.

So erwähnte Beck ⁵ 1993 ein kombiniertes Vorgehen von Endoskopie und Laparoskopie für die endoskopische Resektion sessiler Kolonpolypen. Hierbei diene die laparoskopische Assistenz der Darmmobilisation, der Überwachung der Resektion und der Perforationsvermeidung, sowie letztendlich der Übernähung, wenn es zu einer Perforation gekommen war. Diese Technik entspricht inhaltlich der von uns als laparoskopisch unterstützte, endoskopische Resektion bezeichneten Technik (LAER). Eine ähnliche Vorgehensweise wurde auch von Morris beschrieben, der zwischen 1990 und 1999 insgesamt 47 Patienten auf diese Weise behandelte ⁷⁷, sowie in einem Fall bei Smedh 1996 ¹⁰².

Ein inverses Vorgehen, d.h. eine laparoskopische Resektion unter endoskopischer Kontrolle für Läsionen am Colon, wurde ebenfalls bereits 1993 beschrieben. Shallman berichtet von einem Fall, bei welchem eine Kolonläsion nach endoskopischer Lokalisation mittels einer Keilresektion entfernt wurde, wohingegen Champault verschiedene Techniken verwendet, unter anderem auch die Segmentresektion ^{14,100}. Wenn auch nicht explizit als kombiniertes Verfahren, so beschreibt dennoch Eijsbout 1999 mehrere Fälle der laparoskopischen Resektion von benignen Kolonbefunden unter endoskopischer Assistenz, wobei die Endoskopie hierbei vor allem der Lokalisation diene ²⁷.

Eine erweiterte Assistenz beschreibt Reissmann 1994 bei koloskopisch assistierten, laparoskopischen Resektionen am Colon ⁹³. Dabei verwendet er die Endoskopie nicht nur alleine zur Lokalisation der Befunde, sondern auch als unterstützende Maßnahme für die Präparation der rechten und linken Flexur, welche durch das Endoskop geschient werden.

Auch Franklin nutzte schon früh die endoskopische Assistenz, um die fehlende taktile Rückkopplung bei laparoskopischen Eingriffen zu kompensieren. In einem 1998 veröffentlichten Artikel beschreibt er den kombinierten Einsatz von Laparoskopie und Endoskopie bei insgesamt 31 Kolonpolypen bei einer Erfolgsrate von nahezu 100% und einer geringen Komplikationsrate von 3.1 % ³³. Genutzt wurde die Endoskopie hierbei nicht nur für die Lokalisation, sondern auch für die Resektionsüberwachung und speziell für die Sicherung einer intakten Anastomose. Franklin bezeichnet dabei

das Endoskop als „Freund des Chirurgen“ und als unverzichtbares Werkzeug für die laparoskopische Kolonchirurgie.

Dass die kombinierte Resektion auch an anderer Stelle des Gastrointestinaltraktes durchgeführt werden kann, wurde von ihm ebenfalls registriert und im gleichen Artikel für mehrere Eingriffe am Magen beschrieben.

Es handelt sich dabei jedoch nicht um die erste Publikation für ein solches Vorgehen am Magen. Gurbuz publizierte 1995 den Fall einer Patientin mit einem Leiomyom der Magenvorderwand, welches von ihm nach endoskopischer Lokalisation tangential abgetragen wurde³⁶. Ein ähnliches Vorgehen mit Keilresektion eines Leiomyoms des Magenantrum war zuvor auch schon von Llorente beschrieben⁶⁷ worden. Neben der Behandlung benigner Neoplasien des Magens ist das kombinierte Vorgehen auch für maligne gastrale Erkrankungen eingesetzt worden. Als Vorreiter zeichnet hierfür der Japanische Sprachraum, welcher aufgrund der dort durchgeführten Screeningverfahren eine Vielzahl von Patienten mit T1m Magenkarzinomen aufweist. Diese werden zunehmend minimal-invasiv reseziert, wobei das Gastroskop hierbei der Lokalisation der Befunde dient. Ohgami beschreibt bereits 1999 eine Serie von insgesamt 44 Patienten, welche mittels kombiniert durchgeführter Keilexzision behandelt wurden⁸⁶. Neben Tumoren können kombinierte Verfahren am Magen auch für andere Entitäten eingesetzt werden, etwa in der Behandlung des Ulkus Dieulafoy, wie 1993 von Ferzli erstmals beschrieben²⁹.

Eine weitere Möglichkeit, Neoplasien des Magens minimal invasiv anzugehen, stellt die so genannte transgastrale Resektion dar. Sie wurde erstmals 1995 von Ohashi für benigne und früh maligne Befunde des Magens beschrieben⁸⁴.

Die Endoskopie dient hierfür erneut als Methode für die Lokalisation der Befunde, sowie zur Sicherung eines suffizienten Wandverschlusses. Die Methode wird im weiteren von Hepworth⁴⁰ und Ibrahim⁵⁰ aufgegriffen und für die Therapie stromaler Tumoren an der Magenhinterwand eingesetzt. Aber auch Motson⁷⁸ und Ohgami⁸⁷ bedienen sich der endoskopischen Assistenz für ihre transgastralen Resektionen.

Laparoskopisch assistierte, endoskopische Resektionen am Magen sind ebenfalls zuvor beschrieben worden, aufgrund der kräftigen Wandstruktur und entsprechend niedrigen Perforationsgefahr wird im Allgemeinen jedoch von einer laparoskopischen Kontrolle abgesehen.

Auf diese „Pionierarbeiten“ folgten später zahlreiche weitere Publikationen, die kombinierte endokavitäre/endoluminale Verfahren nicht nur am Magen und am Colon, sondern auch am Ösophagus und Duodenum beschrieben⁹⁵. Allerdings handelt es sich in allen Fällen nur um relativ kleine Serien und eine systematische, vergleichende Untersuchung der unterschiedlichen Verfahren liegt bisher nicht vor.

Vergleich des kombinierten Vorgehens mit ausschließlich laparoskopischen Techniken

Die vorliegende Arbeit beschreibt das derzeit größte kombiniert versorgte Patientengut. Interessant ist daher ein Vergleich der eigenen Ergebnisse mit Kollektiven, die entweder rein laparoskopisch, d.h. ohne zusätzliche Endoskopie oder konventionell/offen behandelt wurden.

Leider existieren nur wenige Studien bezüglich eines rein laparoskopischen Vorgehens in der Therapie benigner Neoplasien; zusätzlich stammen diese meist aus der Zeit vor 2000 und können somit aufgrund der raschen Entwicklung laparoskopischer Techniken nicht mehr als repräsentativ angesehen werden. Aktuelle Studien beschäftigen sich hingegen meist mit Kollektiven welche an malignen Tumoren erkrankt sind und die einer radikale Resektion unterzogen wurden; diese Studien können daher ebenfalls nicht für einen Vergleich herangezogen werden. Die wenigen verfügbaren Vergleichsdaten werden im Folgenden aufgeführt.

Die OP Zeiten des eigenen kombiniert versorgten Kollektivs liegen bei durchschnittlich 84,6 min (10-202 min) bei Läsionen des oberen Gastrointestinaltrakts und bei durchschnittlich 92,6 min (35-205 min) bei Erkrankungen des unteren Gastrointestinaltrakts. Eine zum Vergleich herangezogene Studie bezüglich laparoskopischer Resektion kolorektaler Polypen von Joo und Wexner aus dem Jahre 1998 gibt im Vergleich durchschnittliche OP Zeiten von 177 min (+/- 52,7) min an, wobei die kolorektale Laparoskopie zu diesem Zeitpunkt noch in ihren Anfängen stand und diese längeren OP-Zeiten somit noch als Ausdruck der Lernkurve betrachtet werden müssen⁵³. Ähnlich hohe OP Zeiten finden jedoch auch in neueren Publikationen; Young-Fadok gibt in einer case-matched Serie zum Vergleich laparoskopischer und konventioneller Kolonchirurgie eine durchschnittliche OP Dauer von 208 min an¹²⁴. Diese Zahlen entsprechen denen

von Law, dessen laparoskopisch versorgten Patienten im Durchschnitt 180 min operiert wurden⁶³, sowie den in diversen anderen Studien angegebenen Zeiten, welche zwischen 120 und 160 min liegen^{121 15,65}. Erst in aktuellen Studien finden sich kürzere OP Zeiten, so etwa bei Garcia mit Zeiten um 130 min³⁵; sie sind damit jedoch immer noch höher als die eigenen OP Zeiten.

Betrachtet man Interventionen am oberen GI-Trakt, so finden sich in der Literatur ebenfalls meist längere OP Zeiten verglichen mit dem eigenen, kombinierten Kollektiv. So beschreibt Matthews für laparoskopische Eingriffe am Magen eine durchschnittliche OP Dauer von 169 min⁷², Choi kommt in einer Arbeit von 2000 in Abhängigkeit von der angewandten Methode auf 80 bis 180 min¹⁶; und auch eine neuere Arbeit von Bouillot aus Paris beschreibt für laparoskopische Resektionen stromaler Tumoren des Magens eine durchschnittliche Operationszeit von 104 min (40-120min)⁸. Einzig eine jüngere Publikation aus Frankfurt a.M. von Ludwig gibt durchschnittliche OP Zeiten von 58,4 min (31-112 min) an, die somit als einzige niedriger sind als die des vorliegenden Kollektivs⁷⁰. Es handelt sich dabei jedoch um ein gemischtes Kollektiv mit zum einen rein laparoskopisch, aber auch kombiniert laparoskopisch-endoskopisch versorgten Patienten.

Zusammenfassend liegen die Operationszeiten des eigenen, kombiniert versorgten Kollektivs unter den in der Literatur beschriebenen OP Zeiten laparoskopisch versorgter Kollektive. Der zusätzliche Einsatz der Endoskopie führt offensichtlich nicht zu einer Verlängerung des Arbeitsablaufs, sondern scheint diesen sogar zu optimieren und in Folge zu beschleunigen.

Dieser Eindruck bestätigt sich auch im Vergleich zu konventionell versorgten Kollektiven; die Literaturrecherche ergab für diese OP Zeiten um 160 min⁷² für den oberen GI Trakt und OP Zeiten zwischen 122 und 150 für den unteren GI Trakt¹²⁴
15.

Möglicherweise kann die Tatsache, dass im eigenen Patientengut deutlich kürzere OP Zeiten erzielt werden, auf zwei Gründe zurückgeführt werden.

- durch die endoskopische Navigation kann das Auffinden der Läsion im Vergleich zum alleinigen laparoskopischen oder dem konventionellen Vorgehen beschleunigt werden
- Die Optimierung der Arbeitsumgebung und die Organisation des Arbeitsablaufes führt zu einer deutlichen Zeitersparnis

Für den Vergleich zwischen den verschiedenen Methoden erscheint jedoch die Rate an Konversionen und Komplikationen bedeutender als die erzielten Operationszeiten.

Eine Übersicht über die in der Literatur angegebenen Daten für Kollektive mit ausschließlich oder überwiegend benignen Erkrankungen und laparoskopischer Therapie gibt Tabelle 21.

Tab.21 Konversions- und Komplikationsraten bei laparoskopischen Eingriffen am Gastrointestinaltrakt.

<i>Autor</i>	<i>Jahr</i>	<i>Lokalisat.</i>	<i>Anzahl n=</i>	<i>Alter</i>	<i>Konversion</i>	<i>Komplikation</i>
Aogi	1999	Magen	7	63,5	28,5	0
Basso	2000	Magen	9	52,5	0	11,1
Hepworth	2000	Magen	9	73	22	0
Choi	2000	Magen	32	51,4	3,1	6,2
Matthew	2002	Magen	21	53,9	0	9,5
Ludwig	2003	Magen	44	65,3	4,5	13,6
Bouillot *	2003	Magen	65	56,7	16,9	3,7
Wexner	1996	Colon	140	48	11	22
Reissmann	1996	Colon	72	58,5	9,5	12,5
Köckerling *	1998	Colon	500	62,9	7	21,4
Joo	1998	Colon	23	71,4	17,4	17,4
Chen	1998	Colon	71	55,8	0	22,5
Eijsbouts	1999	Colon	20	63,2	0	1
Hildebrandt *	2001	Colon	61		17,4-18,4	0-17,4
Liang	2002	Colon	18	63,8		5,6
Hong	2002	Colon	136	51,3	9,6	
Braga	2002	Colon	136	63,7	5,1	20,6
Law	2002	Colon	65	77	12,3	29,2
Watanabe	2003	Colon	301	62	2,3	14,6

*) Multicenter-Studie.
 2,4,8,16,40,69,72) Studien für laparoskopisches Vorgehen am Magen
 10,15,27,44,49,53,59,63,65,119,121) Studien für laparoskopisches Vorgehen am Colon

Fasst man die größeren der angegebenen Studien zusammen ergibt sich hieraus für den oberen Gastrointestinaltrakt eine Konversionsrate von 8,6% und eine Komplikationsrate von 7,63%. Am unteren Gastrointestinaltrakt zeigt sich

entsprechend eine durchschnittliche Konversionsrate von 6,57% und Komplikationsrate von 17,27%.

Zu ähnlichen Daten bezüglich Konversion und Komplikation kam die Konsensuskonferenz der EAES 2004, die sich zwar auf das Kolonkarzinom bezog, dabei aber eine Übersicht über insgesamt 17 Studien bezüglich laparoskopischer Kolonchirurgie gab. Bei diesen lag die Konversionsrate zwischen 0 – 42%, die Morbidität zwischen 1,9 und 28% ¹¹⁷.

Die Konversionsrate des eigenen Kollektivs liegt bei 4,4%, die Morbidität kann mit 11,48 % angegeben werden. Die eigenen Daten liegen somit ebenfalls im Bereich der in den jeweiligen Studien angegebenen Daten oder sogar noch darunter.

In Anbetracht dieser Datenlage darf gefolgert werden:

- durch den Einsatz der intraoperativen Endoskopie kommt es nicht zu einer Erhöhung der Komplikations- und Konversionsrate, was für einen problemlosen Einsatz dieser Methode spricht
- durch die Überprüfung des Wandverschlusses und die Vermeidung einer übermäßigen Stenosierung des Restlumens erreicht die endoskopische Assistenz sogar eine tendenzielle Reduktion der Komplikationsraten im Vergleich zur Literatur

Betrachtet man die Komplikationen des eigenen Kollektivs genauer, so fällt dabei ein relativ hoher Anteil an Wundinfekten auf (4,4%). Es handelt sich dabei jedoch fast ausschließlich um Infekte im Extraktionsbereich des resezierten Präparates und nicht um Infekte im Bereich der Trokarpositionen. Neuere Studien haben ergeben, dass gerade an dieser Stelle Wundinfekte in hoher Frequenz auftreten, vergleichbar dem nach einem offenen Vorgehen ¹²². Wäre es durch entsprechende Vorsorgemaßnahmen möglich, diese Rate zu senken, könnte nochmals eine deutliche Reduktion der Komplikationsrate erreicht werden.

Die Rate an Revisionen, welche aufgrund aufgetretener Komplikationen erfolgte, lag mit 1,6% ebenfalls im unteren Bereich der für die oben angeführten Studien angegebenen Daten; somit kann das kombinierte Vorgehen als zumindest ebenbürtig in Konversion und Komplikation angesehen werden, wie vergleichbare, rein laparoskopisch versorgte Kollektive. Eher noch scheint es sich dabei um ein schonenderes Verfahren zu handeln, insbesondere deshalb, da der Großteil der Komplikationen und Revisionen aus den früheren Jahren und dem Bereich der Lernkurve entstammt.

Probleme der Radikalität / akzidentelle Malignome

Zusätzlich zum geringen Zugangstrauma herkömmlicher laparoskopischer Verfahren erlauben die kombinierten Interventionen eine sparsame Resektion, welche durch die genaue Lokalisation der Befunde ermöglicht wird. Der entstehende Defekt ist dadurch kleiner, ebenso wie der zirkumferentielle Anteil der Anastomose. Kann hierdurch eine segmentale Resektion vermieden werden, so sinkt das Risiko einer Nahtinsuffizienz deutlich. Weiter entfällt die bei segmentaler Resektion gelegentlich notwendige Minilaparotomie für die Reanastomosierung.

Eine sparsame Resektion gewährleistet außerdem ein ausreichend großes Restlumen für eine einwandfreie Darmpassage.

Auch wird durch eine großzügigere Resektion das Risiko für die Bildung neuer Adenome und Polypen nicht wesentlich beeinflusst, da sie sich unabhängig voneinander im gesamten Gastrointestinaltrakt bilden.

Neben komplikationsbedingten Revisionen war noch in 10 weiteren Fällen eine erneute operative Intervention notwendig. Diese war bedingt durch den postoperativen Nachweis eines Karzinoms. In der Mehrzahl handelte es sich dabei um Befunde am Kolon, entsprechend 9 Fällen mit Malignität bei 105 Eingriffen. Dieser hohe Anteil von knapp 10 Prozent erklärt sich dadurch, dass es sich bei den resezierten Befunden am Kolon meist um relativ große, sessile Läsionen handelte (im Durchschnitt 2,6 cm für das Patientengut der vergleichenden Evaluation) für die auch in der Literatur eine erhöhte Inzidenz an maligner Entartung beschrieben wurde

26,83

Wie zudem in dem angeführten Artikel von Doniec beschrieben, handelt es sich bei solchen Zufallsbefunden häufig um Frühbefunde ohne Invasion von Lymph- und Blutgefäßen (T1m, sm1) welche durch eine lokale Resektion vollständig entfernt werden können. Bei fortgeschrittenen Befunden sollte aufgrund der möglichen Tumordissemination jedoch eine primär radikale Resektion erfolgen. Die Entscheidung dafür fällt mit der Diagnose, bzw. dem präoperativen Staging. Dieses erfolgt bei Befunden im Kolon vor allem durch die optische Beurteilung durch den Endoskopiker (Typ, Größe und Lokalisation) und die bei verdächtigen Befunden routinemäßig durchzuführenden Probiopsien. Diese Maßnahmen ermöglichen aber nur in 75-95% eine richtige Einschätzung des Tumorstadiums, so dass empfohlen wird, ab einer Tumorgröße von 2,5 cm von einer lokalen Exzision

abzusehen³⁰. Die alternative, radikale Resektion bedeutet jedoch einen deutlichen Zuwachs an Invasivität mit entsprechend erhöhten Komplikationsraten, so dass in Grenzbereichen und bei negativer Histologie auch ein lokales Verfahren vertretbar erscheint.

In keinem Fall mit postoperativem Nachweis eines Malignoms bestand präoperativ ein Anhalt für Entartung des Befundes, so dass entsprechend den obigen Kriterien eine lokale Resektion durchgeführt worden war. Dennoch fanden sich die beschriebenen Karzinome, so dass bei gefundenen T1sm und T2 Stadien und entsprechend wahrscheinlicher Tumordissemination die radikale Revision erfolgte. Hierbei zeigt sich in nur einem Fall ein befallener Lymphknoten bei ansonsten tumorfreien Revisionspräparaten.

Diese Zahlen machen zum einen die Notwendigkeit einer sorgfältigen präoperativen Diagnostik mit gegebenenfalls Entnahme von repräsentativen Biopsien deutlich, aber auch die Einhaltung obiger Kriterien für die Indikationsstellung zur lokalen Therapie. Außerdem machen sie den Bedarf an exakteren Stagingverfahren deutlich (genetisches Screening, spezielle Färbemethoden, ...) welche auch solche Befunde sicher erfassen. Auch wenn eine lokale Exzision für derartige Befunde nicht adäquat ist, so ermöglicht sie gegenüber den endoskopischen Verfahren zumindest eine in-toto Resektion des Befundes im Gegensatz zu den häufig durchgeführten piece-meal Resektionen durch den Endoskopiker. So waren alle Primärtumore lokal vollständig entfernt und einer entsprechenden Beurteilung durch den Pathologen zugänglich. Auch entfällt die bei endoskopischer Resektion schwere Abgrenzbarkeit zur Tiefe hin, da eine komplette Wandresektion erfolgt.

In dem kombiniert versorgten Kollektiv kam es in einem Fall zum letalen Ausgang der Behandlung (0,5%). Bei der Patientin war bereits während der primären, laparoskopischen Versorgung der Befund als Maligne eingestuft und nach Konversion eine radikale Resektion durchgeführt worden. Im postoperativen Verlauf kam es zur Insuffizienz der Anastomose mit septischen, letztendlich tödlichen Verlauf. Die Letalität entspricht damit ebenfalls der der oben genannten Studien mit Raten zwischen 0 und 1,8%.

Vergleich mit dem offenen Vorgehen

Grundsätzlich ist jedoch die Frage, ob eine lokale Exzision überhaupt Vorteile gegen-

über der konventionellen, tubulären Resektion bietet. Dies wäre nur durch einen direkten Vergleich zu klären, am aussagekräftigsten in Form einer prospektiv randomisierten Studie. Da diese aus unterschiedlichen Gründen nicht durchgeführt werden konnte, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Vergleich mittels einer „matched-pairs“ Analyse versucht.

Trotz der bekannten methodischen Schwächen liefert diese Evaluation doch interessante Informationen: Bei vergleichbaren Komplikationsraten ist die Belastung des Patienten – gemessen am Schmerzmittelverbrauch, sowie der entzündlichen Reaktion – signifikant geringer. Dies drückt sich auch in der kürzeren Hospitalisation aus.

Beide Gruppen waren dabei bezüglich potentieller Einflussparameter identisch. So unterschieden sie sich nicht in Alter, Geschlecht, ASA Score, der Lokalisation und Größe, sowie der histologischen Differenzierung der Befunde.

Wie bereits für das Gesamtkollektiv und im Vergleich zur Literatur gezeigt, führt die simultane Endoskopie auch im direkten Vergleich der „matched-pairs“ Analyse nicht zu einer Erhöhung der Operationszeiten. Mögliche Gründe für diese Tatsache waren bereits genannt worden, nämlich die schnelle und exakte Lokalisation des Befundes, sowie die Optimierung des gesamten Arbeitsablaufs im eigenen, kombinierten Patientengut. Als weitere mögliche Erklärung dient das Verfahren der lokalen Excision, welche vergleichsweise schneller als eine segmentale Resektion, allerdings nur nach exakter Befundlokalisierung durchgeführt werden kann. Dies zeigt, dass durch Ausschöpfen der potentiellen Vorteile kombinierter Verfahren (exakte Lokalisation, Resektion unter Sicht), die methodischen Nachteile kompensiert werden können (tendenziell längere OP Zeiten für laparoskopische Eingriffe, fehlende taktile Rückkopplung).

Da die zusätzliche endoskopische Prozedur selbst zu keinen Komplikationen führte, kann sie aus unserer Sicht empfohlen werden. Hierbei decken sich wiederum die eigenen Erfahrungen mit den Literaturangaben ^{12,125}.

Wie auch schon von Zmora publiziert ¹²⁵, konnten alle Befunde endoskopisch lokalisiert und nach entsprechender Mitteilung an den Kollegen (Transillumination, Touchieren, audiovisueller Kontakt) laparoskopisch reseziert werden; eine präoperative Befundmarkierung durch Clip oder Tattoo war im eigenen Krankenkollektiv nicht durchgeführt worden. Wie den Operationsberichten zu entnehmen, wäre eine rein laparoskopische Befundlokalisierung alleine in nur 20% der

Fälle möglich gewesen. Auch wenn kein direkter Vergleich zu den alternativen Markierungstechniken erfolgte, unterstreichen die eigenen Ergebnisse doch den Nutzen der simultanen Endoskopie. So kam es im eigenen Kollektiv auch nicht zu einer Fehlresektion von Befunden, anders als dies für die alternativen Methoden in der Literatur beschrieben wurde^{62,120}. Können die in der Literatur angegebenen Nachteile für Clip- und Farbmarkierung im Falle einer offenen Resektion gegebenenfalls noch ausgeglichen werden, so erscheint für laparoskopische Eingriffe die intraoperative Endoskopie jedoch deutlich geeigneter für die Befundlokalisation.

Zusätzlich kann durch den perioperativen Einsatz eines Endoskops einer übermäßigen Stenosierung des versorgten Areals vorgebeugt werden. Weiter gelingt durch die simultane Endoskopie eine Überprüfung des Wandverschlusses, etwa durch Luftinsufflation oder Anspritzen mit Farblösungen. Dies resultiert in den vergleichsweise niedrigen Komplikationsraten, was sich sowohl im direkten Vergleich mit dem konventionellen Kollektiv, als auch im Vergleich zur Literatur bestätigt (siehe oben). Insbesondere Nahtinsuffizienzen traten innerhalb des kombinierten Kollektivs selten auf.

Die genaue Analyse der Daten über die Zeit zeigt zudem, dass die initialen Ergebnisse deutlich schlechter ausfallen, als die Ergebnisse des Gesamtkollektivs. Die Daten spiegeln dabei deutlich die Lernkurve wieder, die sich in initial längeren OP Zeiten, höheren Konversionsraten und der Qualität der Resektion ausdrückt. So kam es anfänglich häufiger zu Resektionen mit Tumornachweis im Resektionsrand (R1), was möglicherweise durch eine ungenügende Abstimmung zwischen Endoskopie und Laparoskopie erklärt werden kann. Im weiteren Verlauf wird dieses Problem weitgehend kompensiert, die Rate an R1 Resektionen nimmt deutlich ab. Gleichzeitig findet sich eine deutliche Zunahme an lokalen Exzisionen bei zeitgleicher Abnahme an segmentalen Resektionen, was ebenfalls durch ein verbessertes Zusammenspiel zwischen den beiden Akteuren gewertet werden kann.

Der Anteil an Rx-Resektionen im Kollektiv der „matched-pairs“ Analyse liegt mit 15% im Bereich der Literaturangaben für die endoskopische Mukosaresektion⁴³. Er lässt nochmal die Frage aufkommen, ob eine lokale Excision aus onkologischer Sicht überhaupt sinnvoll ist, da auch ein benigner Befund vollständig entfernt werden sollte.

Nachdem alle Befunde zumindest makroskopisch im Gesunden reseziert wurden (kein Fall mit R2-Resektion) scheint die unzureichende Exzision nicht zu Lasten der Identifikation des Befundes zu gehen, sondern eher Folge einer zu sparsamen Resektion zu sein. Da es bei benignen Läsionen kein unterminierendes Wachstum gibt, genügt dabei ein kleiner Saum um die Läsion, um den Befund sicher in toto zu entfernen³⁴. Hierbei zeigt sich erneut der Nutzen der simultanen Endoskopie, welche eine simultane Überwachung der Exzision von endoluminaler Seite ermöglicht und weiter residuellen Tumor entdecken kann. Ist die lokale Resektion aufgrund des verbleibenden Restlumens nur knapp möglich, sollte auch bei potentielltem Nachteil für den Patienten eine tubuläre Resektion gewählt werden.

Zusammenfassend zeigen die Daten der vergleichenden Evaluation, dass es dank simultaner Endoskopie möglich ist, endoluminal sichtbare Befunde genau zu lokalisieren und gezielt und unter Reduktion der möglichen Risiken minimal invasiv zu resezieren. Die Studie deckt sich darin mit anderen Publikationen zum Thema intraoperative Endoskopie und kombinierte Resektion^{31,58,70,94,118,125}.

Jedenfalls zeigt der direkte Vergleich, dass das kombinierte Vorgehen schonender für den Patienten als die zum Vergleich herangezogene konventionelle Resektion ist. Dies drückt sich durch die laborchemische Reaktion des Körpers, einem geringeren Transfusionsbedarf und vor allem dem geringeren Bedarf an Analgetika aus. Es resultiert in der signifikant kürzeren postoperativen Hospitalisationszeit, die 3 Tage kürzer ausfällt und als weiterer Parameter für den Patientenkomfort gewertet werden kann.

Die notwendigen Hospitalisationszeiten sind zudem ein wichtiger Parameter für die Ökonomie eines Verfahrens. Nur durch Verkürzung des stationären Aufenthaltes können die höheren Kosten für minimal invasive Verfahren kompensiert werden. Eine genaue Abschätzung für die kombinierten Verfahren steht derzeit noch aus, sie erlangt neben dem volkswirtschaftlichen Aspekt einer frühen Rekonvaleszenz aber auch eine zunehmende Bedeutung durch die Einführung der diagnosis related groups (DRG) in das Krankenhauswesen. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich hierbei, entsprechend zahlreichen Publikationen zum Kostenvergleich zwischen konventionellen und laparoskopischen Verfahren, kein Nachteil ergibt^{20,66,68,105}.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Ökonomie einer Methode nimmt aber auch die Komplikationsträchtigkeit.

Hier findet sich im eigenen Patientengut eine insgesamt höhere Komplikationsrate für die kombinierten Verfahren, gemäß der Wichtung nach der Kölner Klassifikation.

Komplikationen führen zu Revisionen, verlängertem Krankenhausaufenthalt, bedürfen der medikamentösen Therapie und verursachen hiermit weitere Kosten. Trotz der höheren Komplikationsraten innerhalb des kombiniert versorgten Krankenguts, fällt deren Gesamtergebnis, wie oben beschreiben, besser aus. Dies mag verschiedene Gründe haben.

- die Vorteile einer minimal-invasiven, kombinierten Versorgung überwiegen deutlich und kompensieren die höhere Komplikationsrate.
- die erfassten Komplikationen sind von geringer Schwere und beeinflussen das Ergebnis nur geringfügig.

Nach eigenem Ermessen treffen beide Gründe zu. Die erfassten Komplikationen des kombiniert versorgten Patientenguts sind in der überwiegenden Anzahl Wundheilungsstörungen mit geringem Einfluss auf die Rekonvaleszenz. Gerade einmal 5% der erfassten Komplikationen wiegen schwerer und waren von deutlichem Nachteil für den Patienten, bzw. verlangten gar eine Revision. Im konventionell operierten Kollektiv findet sich hingegen eine geringere Rate an Gesamtkomplikationen, jedoch vergleichsweise häufig schwere Komplikationen, welche häufiger eine Revision nach sich zogen. Die höhere Komplikationsrate entsprechend der Wertung nach der Kölner Klassifikation spiegelt hierbei nicht das klinisch relevante wider. So klassifiziert sie Komplikationen nach Ursache (operativ und nicht-operativ bedingt) und ob sie einen Einfluss auf den Patienten haben (mit/ohne Nachteil für den Patienten). Sie erfasst jedoch nicht die Schwere von Komplikationen; so fallen beispielsweise eine Anastomoseninsuffizienz und ein oberflächlicher Wundinfekt in die gleiche Klasse. Dies erklärt das schlechtere Abschneiden der kombinierten Verfahren durch einen relativ hohen Anteil postoperativer Wundheilungsstörungen, jedoch insgesamt weniger schwerwiegenden Komplikationen.

Auch für die Komplikationen zeigt sich die Lernkurve. Wie bereits erwähnt handelt es sich zum größten Teil um Wundheilungsstörungen, welche wiederum meist Folge einer stattgehabten Konversion waren. Mit Abnahme der Konversion sanken im

zeitlichen Verlauf auch die Anzahl der Wundheilungsstörungen und damit die Frequenz an Komplikationen. Rechnet man die Lernkurve weg, so fällt das Ergebnis im Falle der kombinierten Versorgung nochmals deutlich besser aus.

Zusammenfassend zeigt die vergleichende Evaluation, dass auch für laparoskopisch-endoskopische Kombinationseingriffe die bekannten Vorteile gegenüber den konventionellen Verfahren gelten. Der Einsatz der intraoperativen Endoskopie ermöglicht die Resektion von benignen Befunden unter minimal invasiven Bedingungen und eröffnet hierdurch ein neues Behandlungsfeld mit geringer Belastung für den Patienten.

Optimierung der Arbeitsumgebung

Zweifellos werden die erwähnten Vorteile für den Patienten mit einem höheren finanziellen und organisatorischen Aufwand erkaufte und stellen eine zusätzliche Belastung für den Chirurgen dar.

Die Einbeziehung der endoluminalen Endoskopie verändert den Arbeitsablauf im Chirurgischen Operationssaal und setzt den Abgleich zwischen zwei voneinander unabhängigen Abteilungen (Endoskopie, Laparoskopie) voraus. Der notwendige Integrationsprozess ist damit genau gegenläufig zu der in den vergangenen Jahren zunehmenden Spezialisierung einzelner Organisationseinheiten. Er machte eine vorausschauende Planung der Kombinationseingriffe notwendig, welche beiden Abteilungen ermöglichte, die gemeinsame Intervention ohne negative Auswirkung für den eigenen Arbeitsablauf zu realisieren.

Entscheidend war in dieser Hinsicht, dass ein fest installierter, kombinierter Interventionsarbeitsplatz geschaffen werden konnte. Wäre es aus finanziellen Gründen nicht möglich gewesen, eine Endoskopieausstattung eigens für laparoskopisch-endoskopische Kombinationseingriffe zu reservieren, hätte für jede Intervention eine zeitaufwendige Zusammenstellung der notwendigen Geräte (Integration der Endoskopie in den chirurgischen OP) erfolgen müssen. Gleichzeitig hätte dies den Arbeitsablauf in der Endoskopischen Abteilung deutlich alteriert.

Die Mehrzahl der heute genutzten Operationssäle wurde bereits vor Jahren konstruiert und realisiert. Bereits die Integration des minimal invasiven Instrumentariums und der notwendigen Geräte stellte eine Herausforderung dar. Die

zusätzliche Eingliederung des endoskopischen Arbeitsplatzes brachte daher erhebliche Probleme mit sich. So ist bereits der adaptierte, laparoskopische Interventionsraum ausgefüllt mit diversen Wägen, welche für die endoskopischen Geräte, die Betrachtungsmonitore, den Elektrokauter, sowie für zahlreichen neue Instrumente (z.B. Ultraschallscheren etc.) benötigt werden. Die notwendige Anbindung der Insufflationsschläuche, des Kaltlichtkabels, der Video-, wie der Saug-Spüleinheit müssen zusätzlich in dieses Szenario integriert werden. Dieses Umfeld stellt bereits per se eine unergonomische und potentiell gefährliche Lösung dar, wobei für die Platzierung der laparoskopischen Geräte zahlreiche Kompromisse eingegangen werden müssen ^{41,115}. Herron forderte daher 2001 die Neugestaltung des chirurgischen Operationssaals unter Berücksichtigung der Anforderungen der minimal invasiven Chirurgie und der Informationstechnologie ⁴¹. Dieser soll alle benötigten Geräte und Technologien geordnet und ergonomisch optimiert integrieren.

Zusätzlich dazu muss eine kompetente Bedienung der zahlreichen Instrumente gewährleistet sein. So ist derzeit zusätzliches Personal notwendig, um auf Weisung des Operateurs die Parameter laparoskopischen Geräte zu justieren da sich diese der außerhalb der sterilen OP Umgebung befinden.

Die zusätzliche Integration des Endoskopie-Turms in den Operationssaal bereitete auf diesem Hintergrund nun bezüglich der Lokalisation als auch der technischen Einbindung erhebliche Schwierigkeiten. Eine komplette Umgestaltung der Eingriffsumgebung und eine Neupositionierung aller beteiligten Personen und der benötigten Geräte wurden notwendig. Das Ergebnis dieser Bemühungen ist der kombinierte Interventionsarbeitsplatz, welcher für Eingriffe am oberen und unteren Gastrointestinaltrakt beschrieben wurde. Er ist Ergebnis einer Vielzahl von Optimierungsschritten im Zusammenspiel zwischen Endoskopie und Laparoskopie, und der Koordination der jeweiligen Arbeitsschritte. Jedoch wurde rasch deutlich, dass eine Optimierung der vorhandenen Ressourcen, des minimal invasiven Operationssaals und der mobile Endoskopieplattform, nur eine provisorische Lösung darstellen konnte, die auf Dauer nicht befriedigen konnte und weitaus tiefer greifende Änderungen notwendig waren.

Insgesamt konnte durch umfangreiche Verbesserungen der organisatorischen Abläufe, der Verlagerung von nicht unmittelbar am OP Tisch erforderlichen Geräten in die Peripherie, die flexiblere Anordnung der Monitore und die integrierte, zentrale

Ansteuerung aller Funktionssysteme eine entscheidende Verbesserung erzielt werden. Das Bedürfnis, gerade für die geräteintensiven minimal invasiven Eingriffe eine verbesserte Arbeitsumgebung zu schaffen, wird ja auch in der Literatur zunehmend betont und dementsprechend werden von der Industrie innovative Lösungen angeboten^{1,6,41}.

Die Notwendigkeit einer auf die minimal invasive Chirurgie adaptierten OP Umgebung war dabei zuerst in Tübingen realisiert worden. Mit dem Orest System wurde bereits 1993 versucht, die laparoskopischen Geräte aus dem direkten Umfeld des Chirurgen zu entfernen und somit Platz für den eigentlichen operativen Eingriff zu schaffen. Damit die Geräte jedoch bedient und die entsprechenden Parameter justiert werden konnten, war es notwendig die einzelnen Module zu vernetzen und einer zentralen Steuerung zu unterwerfen⁹⁹. Nachdem dieses System zahlreiche proprietäre Lösungen aufwies und die Integration nur aufwendig und durch Anpassung aller Geräte umgesetzt werden konnte, fand es jedoch keinen Anklang.

Jahre später wurde der Ansatz, die immer komplexer werdende OP Umgebung zu integrieren, erneut aufgegriffen und entsprechend neue Lösungen angeboten. Dabei wurden die nun standardmäßig verfügbaren Geräteschnittstellen genutzt. Nach den ersten Erfolgen mit dem OR1 von Storz und durch die potentiellen Vorteile eines solchen Systems bestärkt, erkannten in Folge viele Hersteller die Notwendigkeit für ein solches System, so dass mittlerweile eine Vielzahl integrierter OP Systeme angeboten werden.

Vorreiter dieser Systeme sind zum einen das oben genannte OR 1 der Firma Storz, sowie das Siemens integrierte OP System (SIOS). Daneben gibt es von jedem namhaften Hersteller entsprechende Systeme; so von der Firma Olympus mit dem EndoAlpha, Stryker mit der EndoSuite, das Hermes System der Firma Computer Motion^{113,114} und das RiwoNet/-Mobil System der Firma Wolf.

Diese OP Systeme sind Ergebnis einer intensiven Analyse des Arbeitsablaufs im chirurgischen OP mit dem Ziel einer Optimierung der Teilprozesse. So entstanden Arbeitsplatzlösungen, bei denen alle benötigten Funktionalitäten von einer zentralen Plattform aus steuer- und regelbar sind. So können neben den für den Eingriff notwendigen Geräte (Insufflator, Lichtquelle, Saug-Spülanlage, etc.) auch die Raumfunktionalitäten, wie etwa Licht/OP-Lampe, Telefon und Raumverdunkelung gesteuert werden³². Diese erweiterte Zugriffsmöglichkeit wurde erst in den letzten Ausbaustufen obiger Systeme realisiert, da zunächst eine gemeinsame Schnittstelle

zur Kommunikation zwischen Steuerung und der Peripherie geschaffen werden musste. Diese wurde durch das CANOPEN Bus System erreicht, welche die Kommunikation zwischen den verschiedenen Geräten ermöglicht.

Während die primären Lösungen noch auf einer zentralen Steuermöglichkeit der auf dem Gerätewagen platzierten Geräte basierten (Storz OR 1), kam es in der weiteren Evolution zu einer Separierung von Steuerung und Geräten, so dass in den letzten Ausbaustufen einzig die Steuerungseinheit und der Betrachtungsmonitor am Arbeitsplatz verblieben. Die Geräte können mittlerweile in die Peripherie verbracht werden und sind nur noch durch die Steuerleitungen und natürlich Verbindungen gemäß ihrer Funktion (z.B. Kaltlichtkabel) an den sterilen Bereich angegliedert. Da die Steuerung und der Betrachtungsmonitor frei schwebend aufgehängt ist, gelingt hiermit die Realisierung einer ergonomischen und benutzerfreundlichen, hochvariablen Lösung⁴⁷.

Die zentrale Steuerung ist durch verschiedene Modalitäten möglich, so durch die Verwendung eines TouchScreen, per Spracheingabe oder auch durch Maussteuerung. Aus der Sicht des Anwenders kommt der Gestaltung dieser Schnittstelle zwischen dem Menschen und dem System eine besondere Bedeutung zu⁷⁵. Ein ideales Steuerelement gibt es bisher jedoch noch nicht. Auch in unmittelbarer Zukunft werden verschiedene Prinzipien nebeneinander verwendet werden.

Als weiterer Ausbau kann die Anbindung des integrierten OP an das Datennetzwerk der Klinik (KIS) angesehen werden, welche den Zugriff auf präoperative Diagnostik, die zentrale Archivierung, Hinzuziehen von externer Kompetenz (Telekonsil) oder für Lehrzwecke genutzt werden kann. Dass ein solches, integriertes System nicht nur Platz schafft, sondern sich auch positiv auf den Arbeitsablauf im OP auswirkt, konnte ebenfalls in dieser Arbeit belegt werden.

So ergab die durchgeführte, prospektive Evaluation des neuen OP Systems eine Entlastung des assistierenden OP Personals (Springer) durch Verlagerung der Gerätebedienung an den OP Tisch und in die Hand des sterilen Teams. Dies führte dabei jedoch nicht zu einer reinen Verlagerung der Aufgaben, der Operateur konnten vielmehr selbst die notwendigen Einstellungen an den Geräten vornehmen; dies hätte ansonsten zu einer Unterbrechung der Arbeit geführt, bis der Springer die gewünschten Parameter adaptiert hat. Die Integration der OP Geräte führte zu einer gesteigerten Zufriedenheit des gesamten Teams und sogar zu einer tendenziellen

Verkürzung der OP Zeiten. Die Untersuchung zeigt weiter, dass ein hoch technisierter Interventionsraum, welcher über eine Vielzahl verschiedener elektronischer Geräte verfügt, dank einer zentralen Steuerung durchaus leicht zu bedienen ist. Diese Erweiterung führt damit eher zu einer Vereinfachung des Systems und zu einer erhöhten Akzeptanz bei den Bedienern.

Diese positiven Auswirkungen sehen sich auch in weiteren Publikationen bestätigt. So beschreibt Schafmayer bei Verwendung eines integrierten OPs eine Reduktion der Arbeitsbelastung des assistierenden Personals auf 10% und eine bereits nach kurzer Einarbeitung wahrnehmbare Verkürzung der Interventionszeiten⁹⁷. Eine Nutzenanalyse integrierter OP Systems an mehreren Kliniken ergab ebenfalls Verkürzungen der OP Zeiten um 5-10%, bei gleichzeitig verbessertem Workflow und gesteigerter Ergonomie⁴⁸.

Diese Systeme ermöglichen somit durch ihre dezentrale Organisation und Verlagerung der Geräteeinheiten in die Peripherie, dass der von Geräten überfüllte minimal invasive Operationssaal einem geordneten Interventionsraum weicht, welcher zudem die Integration weiterer Funktionalitäten zulässt.

Er schafft Platz für den Einsatz der intraoperativen Endoskopie im Sinne der kombinierten Intervention. Dieser Aspekt und die Verfügbarkeit des integrierten OP waren ein wichtiger Faktor für die Akzeptanz und die Integration kombinierter Interventionen in die klinische Routine. Die letzte Optimierungsstufe führte zu einer nochmaligen Verkürzung der Interventionszeiten, wobei der gesamte Arbeitsablauf deutlich profitierte. Dabei manifestieren sich die Auswirkungen dieser Systemintegration nicht auf die Ergebnisse der vergleichenden Evaluation, da diese zum Zeitpunkt der Einführung bereits abgeschlossen war. Inwieweit die besseren Ergebnisse für das Gesamtkollektiv kombinierter Interventionen im Verlauf der Datenerfassung auf die optimierte OP Umgebung zurückzuführen ist, wird objektiv wohl nicht erfasst werden können. Neben der mehrfach beschriebenen positiven Auswirkung auf die OP Dauer, sind jedoch auch weitergehende Auswirkungen auf den Gesamtverlauf einer Operation denkbar. Dass eine ergonomische Arbeitsumgebung einen Nutzen darstellt, ist Thema derzeitiger Studien und wird auch für den kombinierten Arbeitsplatz an Bedeutung gewinnen.

Ein weiterer Schritt für die Zukunft stellt die Integration des Anästhesiologen dar, welcher bisher nicht einbezogen wurde. Gerade Kombinationseingriffe am oberen

Gastrointestinaltrakt mit simultaner Anwesenheit von Narkosearzt und Endoskopeur am Kopf des Patienten können hierdurch eine weitere Verbesserung erfahren.

6.0 Zusammenfassung

Kombinierte, endoluminale-intracavitäre Eingriffe stellen eine neue Methode in der minimal invasiven Therapie benigner und früh-maligner Neoplasien des Gastrointestinaltrakts dar. Der klinische Stellenwert dieser Methode sollte durch Untersuchung des eigenen Krankenguts – mit 183 Patienten auch international das zu diesem Zeitpunkt größte Kollektiv – evaluiert werden.

Im Vergleich mit Literaturdaten konnte gezeigt werden, dass geeignete Befunde durch eine kombinierte Intervention effektiv und mit vertretbarer Morbidität therapiert werden können. Wie in vielen Studien zuvor liegen die Hospitalisationszeiten dabei unterhalb derer nach offener Chirurgie. Durch die simultane Endoskopie kann eine exakte Befundlokalisation für laparoskopische Eingriffe erreicht werden, zusätzlich kann sie von endoluminaler Seite den Wundverschluss, sowie die Hämostase kontrollieren. Methodenspezifische Komplikationen, die Folge der simultanen Endoskopie sind, konnten hingegen nicht gefunden werden.

Diese Ergebnisse bestätigen sich auch im direkten Vergleich zwischen kombiniert und konventionell offen versorgten Patienten des eigenen Krankenguts in einer „matched-case“ Analyse. Neben einer deutlich kürzeren Hospitalisation konnte hierbei ein geringerer Bedarf an Analgetika, ein geringeres Gewebetrauma und vergleichbare Raten für Morbidität und Mortalität gezeigt werden.

Dem gegenüber stand jedoch der beträchtliche technische und organisatorische Aufwand, um kombinierte Eingriffe durchführen zu können. Erst nach Einrichtung eines spezialisierten „kombinierten Interventionsarbeitsplatzes“ mit vollständiger Integration der benötigten Funktionalitäten konnte ein Arbeitsablauf erreicht werden, der eine effektive Nutzung kombinierter Eingriffe innerhalb der Routineversorgung zulässt.

Der Nutzen des integrierten Interventionsarbeitsplatzes konnte durch eine prospektiv-randomisierte Evaluation untermauert werden. Diese ergab eine deutlich effektivere Nutzung der OP Umgebung bei optimierter Aufgabenverteilung.

Die kombinierte Intervention ist im gesamten, flexibel endoskopisch einspiegelbaren Gastrointestinaltrakt einsetzbar und stellt nach unserer Erfahrung die Therapie der Wahl dar, wenn eine alleinige endoskopische Resektion nicht durchführbar ist.

7.0 Literaturverzeichnis

1. Alarcon, A., Berguer, R. "A comparison of operating room crowding between open and laparoscopic operations." *Surg Endosc* 10 (1996) 916-9
2. Aogi, K., Hirai, T., Mukaida, H., Toge, T., Haruma, K., Kajiyama, G. "Laparoscopic resection of submucosal gastric tumors." *Surg Today* 29 (1999) 102-6
3. Axon, A. "Early gastric cancer in Europe." *Gut* 41 (1997) 142-150
4. Basso, N., Rosato, P., De Leo, A., Picconi, T., Trentino, P., Fantini, A., Silecchia, G. "Laparoscopic treatment of gastric stromal tumors." *Surg Endosc* 14 (2000) 524-6
5. Beck, D. E., Karulf, R. E. "Laparoscopic-assisted full-thickness endoscopic polypectomy." *Dis Colon Rectum* 36 (1993) 693-95
6. Berci, G., Phillips, E. H., Fujita, F. "The operating room of the future: what, when and why?" *Surg Endosc* 18 (2004) 1-5
7. Botoman, V. A., Pietro, M., Thirlby, R. C. "Localization of colonic lesions with endoscopic tattoo." *Dis Colon Rectum* 37 (1994) 775-6
8. Bouillot, J. L., Bresler, L., Fagniez, P. L., Samama, G., Champault, G., Parent, Y. "Laparoscopic resection of benign submucosal stomach tumors. A report of 65 cases." *Gastroenterol Clin Biol* 27 (2003) 272-6
9. Bozzini, P. "Lichtleiter, eine Anschauung innerer Teile und Krankheiten." *J. prakt. Arzneykunde u. Wundarzneykunst* 24 (1806) 107
10. Braga, M., Vignali, A., Gianotti, L., Zuliani, W., Radaelli, G., Gruarin, P., Dellabona, P., Di Carlo, V. "Laparoscopic versus open colorectal surgery: a randomized trial on short-term outcome." *Ann Surg* 236 (2002) 759-66; discussion 767
11. Brown, J. A. G., Ch. Gomella, L.G. McGinnis, D.E. Diamond, S.M. Strup, S.E. "Perioperative morbidity of laparoscopic radical prostatectomy compared with open radical retropubic prostatectomy." *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations* 22 (2004) 102-106
12. Bruch, H. P., Kraus, M., Roblick, U. J., Schimmelpennig, H. "Kooperatives Vorgehen zwischen Endoskopie, Laparoskopie, Intervention und Laparotomie in der Palliation." *Chirurg* 71 (2000) 1217-1221

13. Brunt, L. M., Langer, J. C., Quasebarth, M. A., Whitman, E. D. "Comparative analysis of laparoscopic versus open splenectomy." *Am J Surg* 172 (1996) 596-9; discussion 599-601
14. Champault, G. G. "Laparoscopy and colonoscopy-assisted resection of polypoid colonic tumor." *Surg Laparosc Endosc* 4 (1994) 382-3
15. Chen, H. H., Wexner, S. D., Weiss, E. G., Nogueras, J. J., Alabaz, O., Iroatulam, A. J., Nessim, A., Joo, J. S. "Laparoscopic colectomy for benign colorectal disease is associated with a significant reduction in disability as compared with laparotomy." *Surg Endosc* 12 (1998) 1397-400
16. Choi, Y. B., Oh, S. T. "Laparoscopy in the management of gastric submucosal tumors." *Surg Endosc* 14 (2000) 741-5
17. Chung, R. S., Rowland, D. Y. "Meta-analyses of randomized controlled trials of laparoscopic vs conventional inguinal hernia repairs." *Surg Endosc* 13 (1999) 689-94
18. Church, J. M. "Experience in the endoscopic management of large colonic polyps." *ANZ J Surg* 73 (2003) 988-95
19. Cohen, J. L., Forde, K. A. "Intraoperative colonoscopy." *Ann Surg* 207 (1988) 231-3
20. Cordera, F., Long, K. H., Nagorney, D. M., McMurtry, E. K., Schleck, C., Ilstrup, D., Donohue, J. H. "Open versus laparoscopic splenectomy for idiopathic thrombocytopenic purpura: clinical and economic analysis." *Surgery* 134 (2003) 45-52
21. D'Annibale, A. S., Orsini, C., Morpurgo, E. "Locating polyps by endoscopy with or without videolaparoscopy, radioguided occult colonic lesion identification or magnetic endoscopic imaging: the way forward to complete polyp removal." *Tech Coloproctol* 8 (2004) 295-299
22. Davis, A. B. "Rudolf Schindler's role in the development of gastroscopy." *Bull Hist Med* 46 (1972) 150-70
23. Desormeaux, A. J. "De l'Endoscope et de ses Applications au Diagnostic et au Traitement des Affections de l'Urethra et de la Vessie." Baillière et Fils (1865)
24. discreet "3ds max - version 4." Benutzerhandbuch Band 1-4, A. Inc., USA, (2001).
25. Dollhopf, M., Heldwein, W., Schmidtsdorff, P., Hasdorf, J., Meining, A., Hermanek, P., Schmitt, W. "Risk factors for perforation after polypectomie:

- results of the Munich polypectomy study (MUPS) (Part1) (abstract)."
 Gastrointest Endosc 55 (2002) 596
26. Doniec, J. M., Lohnert, M. S., Schniewind, B., Bokelmann, F., Kremer, B., Grimm, H. "Endoscopic removal of large colorectal polyps: prevention of unnecessary surgery?" Dis Colon Rectum 46 (2003) 340-8
 27. Eijbsbouts, Q. A. J., Heuff, G., Sietses, C., Meijer, S., Cuesta, M. A. "Laparoscopic surgery in the treatment of colonic polyps." British Journal of surgery 86 (1999) 505-508
 28. Eypasch, E., Neugebauer, E., Fischer, F., Troidl, H. "Laparoscopic antireflux surgery for gastroesophageal reflux disease (GERD). Results of a Consensus Development Conference. Held at the Fourth International Congress of the European Association for Endoscopic Surgery (E.A.E.S.), Trondheim, Norway, June 21-24, 1996." Surg Endosc 11 (1997) 413-26
 29. Ferzli, G. S., Ozuner, G., Shaps, J., Kiel, T. "Combined use of laparoscopy and endoscopy in diagnosing and treating Dieulafoy's vascular malformations of the stomach." Surg Endosc 8 (1994) 332-34
 30. Feussner, H., Allescher, H. D., Harms, J. "Rationale und Selektion für Kombinationsvorgehen bei Colondysplasien und T1-Carcinomen." Chirurg 71 (2000) 1202-1206
 31. Feussner, H., Allescher, H. D., Rösch, T., Frimberger, E., Baumgartner, M., Wessels, G., Siewert, J. R. "Endoskopisch-laparoskopische Eingriffe am Kolon." Chir Gastroenterol 16 (2000) 172-176
 32. Feussner, H., Schneider, A., Raggi, M. C., Rasmus, M., Wilhelm, D. "Optimierungspotential durch technische Innovationen." Arzt und Krankenhaus 8 (2003) 237-241
 33. Franklin, M. E., Jr., Abrego, D., Balli, J. "Combined laparoscopic and flexible endoscopic techniques in the management of malignant gastrointestinal lesions." Semin Surg Oncol 15 (1998) 183-8
 34. Frimberger, E., Feussner, H., Allescher, H., Rösch, T. "Minimal invasive therapy of "early" tumors." Internist (Berl) 44 (2003) 302-10
 35. Gracia, E., Targarona, E. M., Garriga, J., Pujol, J., Trias, M. "Laparoscopic treatment of colorectal polyps." Gastroenterol Hepatol 23 (2000) 224-7

36. Gurbuz, A. T., Peetz, M. E. "Brief clinical report - resection of a gastric leiomyoma using combined laparoscopic and gastroscopic approach." *Surg Endosc* 11 (1997) 285-86
37. Habr-Gama, A., Wayne, J. D. "Complications and hazards of gastrointestinal endoscopy." *World J Surg* 13 (1989) 193-201
38. Hammond, D. C., Lane, F. R., Mackeigan, J. M., Passinault, W. J. "Endoscopic tattooing of the colon: clinical experience." *Am Surg* 59 (1993) 205-10
39. Heldwein, W., Dollhopf, M., Schmidtsdorff, P., Hasdorf, J., Meining, A., Hermanek, P., Schmitt, W. "Risk factors for bleeding after polypectomie: results of the Munich polypectomy study (MUPS) (Part2) (abstract)." *Gastrointest Endosc* 55 (2002) 597
40. Hepworth, C. C., Menzies, D., Motson, R. W. "Minimally invasive surgery for posterior gastric stromal tumors." *Surg Endosc* 14 (2000) 349-53
41. Herron, D. M., Gagner, M., Kenyon, T. L., Swanstrom, L. L. "The minimally invasive surgical suite enters the 21st century. A discussion of critical design elements." *Surg Endosc* 15 (2001) 415-22
42. Hietel, R., Rendelmann, R., Walther, J. "3ds max 4 - Professional Studio." D. Becker, Düsseldorf, (2001).
43. Hiki, Y., Sakuramoto, S., Katada, N., Shimao, H. "Kombiniertes laparoskopisch-endoskopisches Vorgehen beim Magenkarzinom." *Chirurg* 71 (2000) 1193-1201
44. Hildebrandt, U., Kreissler-Haag, D., Lindemann, W. "[Laparoscopy-assisted colorectal resections: morbidity, conversions, outcomes of a decade]." *Zentralbl Chir* 126 (2001) 323-32
45. Hirschowitz, B. I. "A personal history of the fiberscope." *Gastroenterology* 76 (1979) 864-9
46. Holbling, N., Pilz, E., Feil, W., Schiessel, R. "[Laparoscopic cholecystectomy--a meta-analysis of 23,700 cases and status of a personal patient sample]." *Wien Klin Wochenschr* 107 (1995) 158-62
47. Holden, J., Frank, T. G., Cuschieri, A. "Developing Technology for Suspended Imaging for Minimal Access Surgery." *Semin Laparosc Surg* 4 (1997) 74-79
48. Holzner, A., Bulitta, C. "Nutzenpotentiale eines integrierten OP-Systems - eine effiziente Lösung für die Chirurgie?" *Elektromedica* 70 (2002) 17-19

49. Hong, D., Lewis, M., Tabet, J., Anvari, M. "Prospective comparison of laparoscopic versus open resection for benign colorectal disease." *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 12 (2002) 238-42
50. Ibrahim, I. M., Silvestri, F., Zingler, B. "Laparoscopic resection of posterior gastric leiomyoma." *Surg Endosc* 11 (1997) 277-9
51. Jacobaeus, H. C. "Über die Möglichkeit, die Zystoskopie bei Untersuchung seröser Höhlen anzuwenden." *Münch. med. Wschr.* 57 (1910) 2090
52. Jage, J., Hartje, H. "Postoperative pain therapy. I." *Anaesthesist* 46 (1997) 65-77
53. Joo, J. S., Armanath, L., Wexner, S. D. "Is laparoscopic resection of colorectal polyps beneficial?" *Surg Endosc* 12 (1998) 1341-1344
54. Karow, T., Lang, R. "Periphere Analgetika." *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie - eine vorlesungsorientierende Darstellung*, (1997).
55. Karow, T., Lang, R. "Zentrale Analgetika: Opioide." *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie - eine vorlesungsorientierte Darstellung*, (1997).
56. Kelling, G. "Oesophagoskopie, Gastroskopie und Kōlioskopie." *Münch. med. Wschr.* 49 (1901) 21
57. Killian, G. "Zur Geschichte der Ösophago- und Gastroskopie." *Dt.Z.Chir.* 59 (1901) 499-512
58. Kim, S., Milsom, J., Ludwig, K., Garcia-Ruiz, A., Okuda, J., Fazio, V. "Perioperative tumor localization for laparoscopic colorectal surgery." *Surg Endosc* 11 (1997) 1013-16
59. Kockerling, F., Schneider, C., Reymond, M. A., Scheidbach, H., Konradt, J., Barlehner, E., Bruch, H. P., Kuthe, A., Troidl, H., Hohenberger, W. "Early results of a prospective multicenter study on 500 consecutive cases of laparoscopic colorectal surgery. Laparoscopic Colorectal Surgery Study Group (LCSSG)." *Surg Endosc* 12 (1998) 37-41
60. Korbsch, R. "Die Laparoskopie nach Jacobäus." *Berl. klin. Wschr.* 58 (1921) 696
61. Kußmaul, A. "Über Magenspiegelung." *Verh. Naturforschende Gesellschaft* 5 (1870) 112
62. Larach, S. W., Patankar, S. K., Ferrara, A., Williamson, P. R., Perozo, S. E., Lord, A. S. "Complications of laparoscopic colorectal surgery. Analysis and comparison of early vs. latter experience." *Dis Colon Rectum* 40 (1997) 592-6

63. Law, W. L., Chu, K. W., Tung, P. H. "Laparoscopic colorectal resection: a safe option for elderly patients." *J Am Coll Surg* 195 (2002) 768-73
64. Leiter, J. "Elektroendoskopische Instrumente." Wilhelm Braumüller & Sohn (1880)
65. Liang, J. T., Shieh, M. J., Chen, C. N., Cheng, Y. M., Chang, K. J., Wang, S. M. "Prospective evaluation of laparoscopy-assisted colectomy versus laparotomy with resection for management of complex polyps of the sigmoid colon." *World J Surg* 26 (2002) 377-83
66. Lin, K. M., Ota, D. M. "Laparoscopic colectomy for cancer: an oncologic feasible option." *Surg Oncol* 9 (2000) 127-34
67. Llorente, J. "Laparoscopic gastric resection for gastric leiomyoma." *Surg Endosc* 8 (1994) 887-9
68. Long, K. H., Bannon, M. P., Zietlow, S. P., Helgeson, E. R., Harmsen, W. S., Smith, C. D., Ilstrup, D. M., Baerga-Varela, Y., Sarr, M. G. "A prospective randomized comparison of laparoscopic appendectomy with open appendectomy: Clinical and economic analyses." *Surgery* 129 (2001) 390-400
69. Ludwig, D. J., Traverso, L. W. "Gut stromal tumors and their clinical behaviour." *Am J Surg* 173 (1997) 390-394
70. Ludwig, K., Weiner, R., Bernhardt, J. "[Minimally invasive resections of gastric tumors]." *Chirurg* 74 (2003) 632-7
71. Manegold, B. C. "[Endoscopic surgery. 10 good reasons for integration of flexible endoscopy into surgery]." *Chirurg* 69 (1998) suppl 52-3
72. Matthews, B. D., Walsh, R. M., Kercher, K. W., Sing, R. F., Pratt, B. L., Answini, G. A., Heniford, B. T. "Laparoscopic vs open resection of gastric stromal tumors." *Surg Endosc* 16 (2002) 803-7
73. Mikulicz, J. "Über Gastroskopie und Oesophaguskopie." *Wien. med. Presse* 22 (1881) 1404, 1437, 1473, 1505, 1537, 1573
74. Mixer, C. G. d., Sullivan, C. A. "Control of proximal gastric bleeding: combined laparoscopic and endoscopic approach." *J Laparoendosc Surg* 2 (1992) 105-9
75. Molnar, B. G. J., Toth, G., Pronai, L., Zagoni, T., Papik, K., Tulassa "Development of a speech-based dialogue system for report and machine control in the endoscopic laboratory." *Endoscopy* 32 (2000) 58-61
76. Montorsi, M., Opocher, E., Santambrogio, R., Bianchi, P., Faranda, C., Arcidiacono, P., Passoni, G. R., Cosentino, F. "Original technique for small

- colorectal tumor localization during laparoscopic surgery." *Dis Colon Rectum* 42 (1999) 819-22
77. Morris, E. F., Díaz-E., J. A., Abrego, D., Parra-Dávila, E., Glass, J. L. "Laparoscopic-Assisted Colonoscopic Polypectomy." *Dis Colon Rectum* 43 (2000) 1246-1249
78. Motson, R. W., Fisher, P. W., Dawson, J. W. "Laparoscopic resection of a benign intragastric stromal tumour." *Br J Surg* 82 (1995) 1670
79. Mühe, E. "Die erste Cholezystektomie durch das Laparoskop." *Langenbeck's Arch. klin. Chir.* 369 (1986) 804
80. Nahas, S. C., Alves, P. R., Borba, M. R., Nahas, C. S., Sobrado Junior, C. W., Araujo, S. E., Bringel, R. W., Lourencao, J. L., Habr-Gama, A. "Polypectomies: colonic endoscopic resections." *Arq Gastroenterol* 36 (1999) 133-8
81. Nitze, M. "Eine neue Beobachtungs- und Untersuchungsmethode für Harnröhre, Harnblase und Rektum." *Wien. med. Wschr.* 29 (1869) 649, 688, 713, 779, 806
82. Nivatvongs, S. "Complications in colonoscopic polypectomy." *Dis Colon Rectum* 29 (1986) 825-830
83. Nusko, G., Mansmann, U., Altendorf-Hofmann, A., Groitl, H., Wittekind, C., Hahn, E. G. "Risk of invasive carcinoma in colorectal adenomas assessed by size and site." *Int J Colorectal Dis* 12 (1997) 267-71
84. Ohashi, S. "Laparoscopic intraluminal (intragastric) surgery for early gastric cancer. A new concept in laparoscopic surgery." *Surg Endosc* 9 (1995) 169-71
85. Ohdaira, T., Konishi, F., Nagai, H., Kashiwagi, H., Shito, K., Togashi, K., Kanazawa, K. "Intraoperative localization of colorectal tumors in the early stages using a marking clip detector system." *Dis Colon Rectum* 42 (1999) 1353-5
86. Ohgami, M., Otani, Y., Kumai, K., Kubota, T., Kim, Y. I., Kitajima, M. "Curative laparoscopic surgery for early gastric cancer: five years experience." *World J Surg* 23 (1999) 187-92; discussion 192-3
87. Ohgami, M., Otani, Y., Kumai, K., Kubota, T., Kitajima, M. "[Laparoscopic surgery for early gastric cancer]." *Nippon Geka Gakkai Zasshi* 97 (1996) 279-85
88. Patankar, S. K., Larach, S. W., Ferrara, A., Williamson, P. R., Gallagher, J. T., DeJesus, S., Narayanan, S. "Prospective comparison of laparoscopic vs. open

- resections for colorectal adenocarcinoma over a ten-year period." *Dis Colon Rectum* 46 (2003) 601-11
89. Pech, O., May, A., Liebwin, G., Rabenstein, T., Ell, C. "Management of pre-malignant and malignant lesions by endoscopic resection." *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology* 18 (2004) 61-76
 90. Perissat, J., Collet, D., Belliard, R., Desplantez, J., Magne, E. "Laparoscopic cholecystectomy: the state of the art. A report on 700 consecutive cases." *World J Surg* 16 (1992) 1074-82
 91. Peters, J. H., Ellison, E. C., Innes, J. T., Liss, J. L., Nichols, K. E., Lomano, J. M., Roby, S. R., Front, M. E., Carey, L. C. "Safety and Efficacy of Laparoscopic Cholecystectomy." *Ann Surg* 213 (1991) 3-12
 92. Pier, A., Schippers, E. "Minimal invasive Chirurgie." Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York, (1995).
 93. Reissman, P., Teoh, T. A., Piccirillo, M., Nogueras, J. J., Wexner, S. D. "Colonoscopic-assisted laparoscopic colectomy." *Surg Endosc* 8 (1994) 1352-3
 94. Ridwelski, K., Pross, M., Schubert, S., Wolff, S., Gunther, T., Kahl, S., Lippert, H. "Combined endoscopic intragastral resection of a posterior stromal gastric tumor using an original technique." *Surg Endosc* 16 (2002) 537
 95. Ridwelski, K., Wolff, S., Weiss, G., Lippert, H., Pross, M. "Die Kombination von Ösophagoskopie und Thorakoskopie in der Behandlung der iatrogenen Ösophagusperforation." *Endoskopie heute* 3 (2000) 105-107
 96. Rosenecher N., K. H. E., Macheras G., Munuera L.M., Menichella G., Barton D.M., Cremers S., Abraham I.L., "Orthopedic Surgery Transfusion Hemoglobin European Overview (OSTHEO) study: blood management in elective knee and hip arthroplasty in Europe." *Transfusion* 43 (2003) 459-469
 97. Schafmayer, A., Lehmann-Beckow, D., Holzner, M. "Der prozessoptimierte Operationssaal - Einführung eines integrierten OP-Systems in die klinische Routine." *Electromedica* 68 (2000) 83-87
 98. Scheler, F., Verwiebe, R. "[Classification, mode of action and side effects of analgesics]." *Internist (Berl)* 35 (1994) 8-19
 99. Schurr, M. O., Buess, B. G. "OREST II - ergonomic workplace and system platform in endoscopic technologies." *Endosc Surg Allied Technol* 3 (1995) 193-198

100. Shallman, R. W., Shaw, T. J., Roach, J. M. "Colonoscopically assisted intracorporeal laparoscopic wedge resection of a benign right colon lesion." *Surg Laparosc Endosc* 3 (1993) 482-4
101. Sher, M. E., Agachan, F., Bortul, M., Nogueras, J. J., Weiss, E. G., Wexner, S. D. "Laparoscopic surgery for diverticulitis." *Surg Endosc* 11 (1997) 264-267
102. Smedh, K., Skullman, S., Kald, A., Anderberg, B., Nyström, P. O. "Laparoscopic bowel mobilization combined with intraoperative colonoscopic polypectomy in patients with an inaccessible polyp of the colon." *Surg Endosc* 11 (1997) 643-44
103. Steiner, O. P. "Abdominoskopie." *Schweizer med. Wschr.* 5 (1924) 84
104. Stephens, B. J., Justice, J. L., Sloan, D. A., Yoder, J. A. "Elective laparoscopic splenectomy for hematologic disorders." *Am Surg* 63 (1997) 700-3
105. Stevens, H. P., van de Berg, M., Ruseler, C. H., Wereldsma, J. C. "Clinical and financial aspects of cholecystectomy: laparoscopic versus open technique." *World J Surg* 21 (1997) 91-6; discussion 96-7
106. Stolze, M. "Die Laparoskopie in der chirurgischen Diagnostik." *Langenbeck's Arch. klin. Chir.* 178 (1934) 228
107. Tabibian, N., Michaletz, P. A., Schwartz, J. T., Heiser, M. C., Dixon, W. B., Smith, J. L., Graham, D. Y. "Use of an endoscopically placed clip can avoid diagnostic errors in colonoscopy." *Gastrointest Endosc* 34 (1988) 262-4
108. Theiß, R. "Technologie des starren Endoskops." *Endoskopie - von der Diagnostik bis zur neuen Chirurgie/Deutscher Ärzte-Verlag Köln* (1990) 203-205
109. Thomas, S. "'Kapandji': Medizinische Visualisierung mit CT-Daten." *Digital Production* 4 (2004) 40-44
110. Toyonaga, T., Nakamura, K., Araki, Y., Shimura, H., Tanaka, M. "Laparoscopic treatment of duodenal carcinoid tumor." *Surg Endosc* 12 (1998) 1085-1087
111. Troidl, H., Spangenberger, W., Dietrich, A., Neugebauer, E. "[Laparoscopic cholecystectomy. Initial experiences and results in 300 operations: a prospective follow-up study]." *Chirurg* 62 (1991) 257-65
112. van Koesveld, J. J. M., Tetteroo, G. W. M., de Graaf, E. J. R. "Use of head-mounted display in transanal endoscopic microsurgery." *Surg Endosc* 17 (2003) 943-946

113. van Mulligan, E. M. T. T., Brand, J., Cornet, R., van den Heuvel, F., Kalshoven, M., van Bommel, J. H. "HERMES: a health care workstation integrated architecture." *Int J Biomed Comput* 34 (1994) 267-275
114. van Mulligan, E. M. T. T., van den Heuvel, F., van Bommel, J. H. "Am prototype integrated medical workstation environment." *Comput Methods Programs Biomed* 39 (1993) 333-341
115. van Veelen, M. A., Nederlof, E. A. L., Goossens, R. H. M., Schot, C. J., Jakimovicz, J. J. "Ergonomic problems encountered by the medical team related to products used for minimally invasive surgery." *Surg Endosc* 17 (2003) 1077-1081
116. Velanovich "Laparoscopic vs open surgery - a preliminary comparison of quality-of-life outcomes." *Surg Endosc* 14 (2000) 16-21
117. Veldkamp, R., Gholghesaei, M., Bonjer, H. J., Meijer, D. W., Buunen, M., Jeekel, J., Anderberg, B., Cuesta, M. A., Cuschierl, A., Fingerhut, A., Fleshman, J. W., Guillou, P. J., Haglind, E., Himpens, J., Jacobi, C. A., Jakimowicz, J. J., Koeckerling, F., Lacy, A. M., Lezoche, E., Monson, J. R., Morino, M., Neugebauer, E., Wexner, S. D., Whelan, R. L. "Laparoscopic resection of colon Cancer: Consensus of the European Association of Endoscopic Surgery (EAES)." *Surg Endosc* 18 (2004) 1163-85
118. Walsh, R. M., Heniford, B. T. "Laparoendoscopic treatment of gastric stromal tumors." *Semin Laparosc Surg* 8 (2001) 189-94
119. Watanabe, M., Hasegawa, H., Yamamoto, S., Baba, H., Kitajima, M. "Laparoscopic surgery for stage I colorectal cancer." *Surg Endosc* 17 (2003) 1274-7
120. Wexner, S. D., Cohen, S. M., Ulrich, A., Reissmann, P. "Laparoscopic colorectal surgery-are we being honest with our patients." *Dis Colon Rectum* 38 (1995) 723-27
121. Wexner, S. D., Reismann, P., Pfeifer, J., Bernstein, M., Geron, N. "Laparoscopic colorectal surgery." *Surg Endosc* 10 (1996) 133-136
122. Winslow, E. R., Fleshman, J. W., Birnbaum, E. H., Brunt, L. M. "Wound complications of laparoscopic vs open colectomy." *Surg Endosc* 16 (2002) 1420-5

123. Wolff, W. I., Shinya, H. "Polypectomy via the fiberoptic colonoscope. Removal of neoplasms beyond reach of the sigmoidoscope." *N Engl J Med* 288 (1973) 329-32
124. Young-Fadok, T. M., Radice, E., Nelson, H., Harmsen, W. S. "Benefits of laparoscopic-assisted colectomy for colon polyps: a case-matched series." *Mayo Clin Proc* 75 (2000) 344-8
125. Zmora, O., Dinnewitzer, A. J., Pikarsky, A. J., Efron, J. E., Weiss, E. G., Nogueras, J. J., Wexner, S. D. "Intraoperative endoscopy in laparoscopic colectomy." *Surg Endosc* 16 (2002) 808-11

8.0 Tabellenverzeichnis	Seite	
Tabelle 1	Komplikationen im postoperativen Verlauf unterteilt nach allgemeinen, systemischen und eingriffsspezifischen Komplikationen	32
Tabelle 2	Hospitalisationszeiten nach Eingriffstyp	33
Tabelle 3	Histologische Befunde am oberen GI Trakt des kombiniert versorgten Patientengut	34
Tabelle 4	Histopathologische Befunde am oberen GI-Trakt nach Befund und Organ	34
Tabelle 5	Histologische Befunde am unteren GI Trakt des kombiniert versorgten Patientengut	35
Tabelle 6	Histopathologische Befunde am unteren GI-Trakt nach Befund und Organ	35
Tabelle 7	Gesamtübersicht histologischer Befunde am GI-Trakt	36
Tabelle 8	Durchschnittliche Größe der resezierten Befunde innerhalb beider Gruppen der vergleichenden Evaluation	38
Tabelle 9	Verteilung der Befunde innerhalb des GI-Trakts in abs. und relativen Zahlen	38
Tabelle 10	Befundlokalisierung gastraler Läsionen im Vergleich zwischen kombinierter und konventioneller Intervention	39
Tabelle 11	Durchschnittliche Eingriffszeiten je Gruppe und Lokalisation im Vergleich kombinierte zu konventionelle Eingriffe	40
Tabelle 12	Wichtung der perioperativen Komplikationen nach der Kölner Klassifikation	42
Tabelle 13	Vergleich zwischen präoperativer Befund- und postoperativer Excidatgröße nach lokaler Excision	42
Tabelle 14	Vergleich zwischen präoperativer Befund- und postoperativer Excidatgröße nach segmentaler Resektion	43
Tabelle 15	Resektionsstatus beider Gruppen im Vergleich	44
Tabelle 16	Histologische Befunde der resezierten Läsionen	44
Tabelle 17	Dokumentierte lokale, chirurgische Komplikationen im postoperativen Verlauf	50
Tabelle 18	Durch OP-Integration erfasste und zentral steuerbare Geräte und	61
Tabelle 19	Zeiten für den Aufbau (Upset) und Abbau (Reset) der laparoskopischen OP Einheit im Vergleich	64

Tabelle 20	Zugriff auf die laparoskopische OP Einheit im Vergleich	65
Tabelle 21	Konversions- und Komplikationsraten bei laparoskopischen Eingriffen am GI Trakt	76

9.0 Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 1 Limitationen minimal-invasiver Verfahren	12
Abb. 2a Laparoskopisch assistierte, endoskopische Resektion	20
Abb. 2b Endoskopisch assistierte, laparoskop. tangent. Resekt.	21
Abb. 2c Endoskopisch assistierte, transluminale Resektion	21
Abb. 2d Endoskopisch assistierte, segmentale Resektion	22
Abb. 2e EASR am Ileocoecalpol	22
Abb. 3 Verteilung kombiniert durchgeführter Eingriffe am GI Trakt	26
Abb. 4 Eingriffszahlen kombinierter Intervention im Überblick	27
Abb. 5a Verteilung der versch. Komb. Verfahren am Magen	28
Abb. 5b Verteilung der versch. Komb. Verfahren am Kolon	28
Abb. 6 Durchschnittliche OP Dauer d. versch. Verfahren	29
Abb. 7 Entwicklung der OP Zeiten über die Jahre d. Evaluation	30
Abb. 8 Entwicklung der relativen Anteile n. Resektionsverfahren	30
Abb. 9 Durchschnittliches Alter der Patienten d. vergl. Evaluation	36
Abb.10 Präoperativer Physical Status Status beider Gruppen (ASA)	37
Abb.11 Postoperativer Verlauf der Leukozytenwert	46
Abb.12 Postoperativ erfasstes Wundsekret im Vergleich beider Gruppen	47
Abb.13 Postoperativer Verlauf der Kreatininkinase-Werte	48
Abb.14 Postoperativer Analgetikabedarf im Vergleich beider Gruppen	49
Abb.15 Postoperative Hospitalisationsdauer im Vergleich	50
Abb.16a Kombiniertes Interventionsplatz am Oberen GI Trakt	52
Abb.16b Kombiniertes Interventionsplatz am Unteren GI Trakt	52
Abb.17a Virtuelles 3D OP Modell zur Optimierung der Geräte-Anordnung	53
Abb.17b Rendering der 3D-Information für eine quasi-reale Darstellung	53
Abb.18 Perspektivischer Ansichten des virtuellen OP Modells	54
Abb.19 Virtuelles OP Modell mit Einblendung der Patienten-Organen	55
Abb.20 Die Video Weiche ermöglicht die simultane Darstellung von Videosignalen	57
Abb.21 Das HMD ersetzt den Bildschirm des Endoskopikers	58
Abb.22 Optimierte Verteilung und Positionierung der Geräte im OP	59
Abb.23 Durchschnittlichen Beanspruchung des Springers im Vergleich	66

10.0 Abkürzungsverzeichnis

3D	3-Dimensional
abs.	absolut
ASA	American Society of Anaesthesiologists
bzw.	beziehungsweise
c/mm ³	Zellen pro Kubikmillimeter
cm	Zentimeter
CK	Creatininkinase
CT	Computertomographie
d	dies = Tage
d.h.	das heißt
EATR	Endoskopisch assistierte transluminale Resektion
EASR	Endoskopisch assistierte Segmentresektion
EAWR	Endoskopisch assistierte wedge Resektion
etc.	et cetera
ggf.	gegebenenfalls
g/dl	Gramm pro Deziliter
G/l	Gigazellen pro Liter
GI	Gastrointestinal
GIST	Gastrointestinaler Stromatumor
ICD	International Code of Diagnosis
KIS	Krankenhausinformationssystem
LAER	Laparoskopisch assistierte endoskopische Resektion
M.	Morbus = Krankheit
MAD	Morphin äquivalente Dosis
min.	Minuten
n	Anzahl
NET	Neuroendokriner Tumor
OP	Operation(-saal)
PACS	Picture archiving and communication system
Pat.	Patient
rel.	relativ
R-Status	Resektionsstatus
sog.	so genannt
Tab.	Tabelle
usw.	und so weiter
v.a.	vor allem
V.a.	Verdacht auf
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

11.0 Danksagung

Ich danke meinen Lehrern für die Unterstützung,
meinen Eltern für das Vertrauen
und meiner Familie für die Liebe im Leben.