

Eingereicht von
Hannah Armbrüster, BSc

Angefertigt am
**Ordensklinikum Linz
Barmherzige Schwestern**

Beurteiler / Beurteilerin
**Prim. Univ.-Prof. Dr.
Rainer Schöfl**

Juli 2025

RETROSPEKTIVE ANALYSE DER DÜNNDARM- KAPSELENDOSKOPIE AM ORDENSKLINIKUM LINZ



Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med. univ.

im Masterstudium

Humanmedizin

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Linz, 24.07.2025



Abstract

Hintergrund und Zielsetzung

Die Videokapselendoskopie wird seit dem Jahr 2000 weltweit breitflächig eingesetzt und ist insbesondere aufgrund ihres nicht-invasiven Charakters klinisch und wissenschaftlich von zunehmender Bedeutung. Ziel dieser retrospektiven Studie war die Analyse der Kapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern im Hinblick auf die Verteilung der Indikationen und deren Erkennungsrate sowie die Komplettierungs- und Komplikationsrate, die Beurteilbarkeit, die Dünndarmpassagezeit und mögliche Nebenerbefunde.

Methodik

Im Zeitraum 01.01.2020 – 31.12.2023 wurden am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern 314 Kapselendoskopien durchgeführt. Bei Personen, die mehrere Kapselendoskopien im Studienzeitraum erhalten haben, wurde die am weitesten zurückliegende Untersuchung für die Datenerhebung herangezogen, was zum Ausschluss von 21 Kapselendoskopien führte. Für die retrospektive Datenauswertung wurden Kapselendoskopie-Befunde, ärztliche Entlassungsbriefe, Ambulanzberichte sowie Laboreinträge von 293 Patientinnen und Patienten analysiert.

Ergebnisse

Von den 293 eingeschlossenen Personen waren 50,85 % männlich und 49,15 % weiblich. Das durchschnittliche Alter lag bei etwa 62 Jahren. Der mittlere BMI betrug 26,76 kg/m².

Die häufigsten Indikationen waren „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“ (46,9 %) und „unklare Eisenmangelanämie“ (24,5 %). Angiodysplasien stellten mit 79,3 % die häufigste identifizierte Blutungsquelle dar. Insgesamt lag die Erkennungsrate der jeweiligen Indikationen bei 40,1 %. Die Komplettierungsrate lag bei 85,3 %, die Komplikationsrate bei 0,7 %. Die mittlere Dünndarmpassagezeit betrug etwa 280 Minuten. In 7,2 % der Fälle wurde ein Nebenerbefund dokumentiert. Bei 76,3 % der Kapselendoskopien war eine ausreichende bis sehr gute Beurteilbarkeit gegeben, jedoch konnte keine signifikante Verbesserung im Studienzeitraum trotz mehrfacher Änderung im Vorbereitungsprotokoll beobachtet werden.

Schlussfolgerung

Die Videokapselendoskopie erwies sich am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern aufgrund der niedrigen Komplikationsrate als sehr sicheres Verfahren. Zudem konnte in einem hohen Anteil der Fälle der Dünndarm vollständig beurteilt werden. Die Erkennungsrate lag jedoch deutlich unterhalb der in der Literatur berichteten Vergleichswerte. Änderungen in der Vorbereitung führten zu keiner signifikanten Verbesserung der Beurteilbarkeit.

Abstract

Introduction

Capsule endoscopy has been widely used worldwide since 2000 and is of increasing clinical and scientific importance, especially because of its non-invasive nature. This retrospective study aimed to analyze capsule endoscopies performed at Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern, focusing on the distribution of indications, diagnostic yield, completion and complication rates, quality of visualization, small bowel transit time, and potential incidental findings.

Method

Between 01.01.2020 and 31.12.2023, a total of 314 capsule endoscopies were performed at Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern. In cases where individuals underwent multiple capsule endoscopies during the study period, only the earliest examination was included for data analysis, resulting in the exclusion of 21 procedures. For this retrospective evaluation, capsule endoscopy reports, medical discharge summaries, outpatient records, and laboratory findings of 293 patients were analyzed.

Results

Among the 293 participants, 50.85 % were male and 49.15 % were female. The mean age was approximately 62 years, and the average BMI was 26.76 kg/m². The most common indications were “suspected gastrointestinal bleeding” (46.9 %) and “unclear iron deficiency anemia” (24.5 %). Angiodysplasia was identified as the most frequent source of bleeding, accounting for 79.3 % of cases. Overall, the diagnostic yield for the respective indications was 40.1 %. The completion rate was 85.3 %, and the complication rate was 0.7 %. The mean small bowel transit time was approximately 280 minutes. Incidental findings were documented in 7.2 % of cases. Adequate to very good visualization quality was achieved in 76.3 % of examinations. However, no significant improvement was observed over the study period despite multiple modifications to the preparation protocol.

Conclusion

Capsule endoscopy proved to be a very safe procedure at Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern due to its low complication rate. Moreover, complete visualization of the small intestine was achieved in a large proportion of cases. However, the diagnostic yield was noticeably lower than the values reported in the literature. Modifications to the preparation protocol did not lead to a significant improvement in visualization quality.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
Abstract	4
1. Einleitung.....	8
2. Anatomie, Histologie und Physiologie des Gastrointestinaltrakts	8
2.1. Anatomie und Physiologie des Verdauungskanal	8
2.2. Anatomie und Histologie des Dünndarms.....	9
2.2.1. Anatomie	9
2.2.2. Histologie	10
2.3. Physiologie des Gastrointestinaltrakts	11
2.3.1. Gastrointestinale Motilität	11
2.3.2. Gastrointestinale Sekretion, membranassoziierte Verdauung und Absorption ..	11
3. Die Kapselendoskopie	12
3.1. Entwicklung	12
3.2. Verfügbare Kapseln.....	13
3.2.1. Kapseln für den oberen Gastrointestinaltrakt.....	14
3.2.2. Dünndarm-Kapseln.....	14
3.2.3. Kolon-Kapseln	15
3.2.4. Weitere verfügbare Kapseln	16
3.3. Durchführung der Kapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern	16
3.4. Komplikationen der Kapselendoskopie	18
3.4.1. Kapselretention	18
3.5. Indikationen für eine Kapselendoskopie	18
3.5.1. Gastrointestinale Blutung.....	18
3.5.2. Eisenmangelanämie	20
3.5.3. Morbus Crohn.....	21
3.5.4. Zöliakie	23
3.5.1. Dünndarmtumoren.....	24
3.5.2. Peutz-Jeghers-Syndrom.....	25
3.5.3. Familiäre adenomatöse Polyposis (FAP).....	26
4. Methodik.....	28
4.1. Studiendesign.....	28
4.2. Datenmanagement.....	28
4.3. Patientenkollektiv	28

4.4. Zielgrößen	28
4.4.1. Vorrangige Zielgrößen	28
4.4.2. Weitere Zielgrößen	29
4.4.3. Sonstige Parameter	29
4.5. Statistisches Verfahren	29
4.6. Nutzen-Risiko-Bewertung	30
4.7. Ethikkommission	30
5. Ergebnisse der deskriptiven Analyse	30
5.1. Gesamtkollektiv	31
5.1.1. Geschlecht	31
5.1.2. Alter	31
5.1.3. Body-Mass-Index (BMI)	31
5.1.4. Indikation	32
5.1.5. Beurteilbarkeit	33
5.1.6. Ausgangslage	33
5.1.7. Erkennung	34
5.1.8. Dünndarmpassagezeit	34
5.1.9. Komplettierung	35
5.1.10. Komplikationen	35
5.1.11. Nebentbefunde	36
5.2. Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	37
5.2.1. Geschlecht	37
5.2.2. Alter	37
5.2.3. Body-Mass-Index (BMI)	37
5.2.4. Beurteilbarkeit	38
5.2.5. Erkennung	38
5.2.6. Dünndarmpassagezeit	39
5.2.7. Komplettierung	39
5.2.8. Komplikationen	39
5.2.9. Nebentbefunde	40
5.2.10. Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention	40
5.2.11. Blutungsart	41
5.2.1. Blutungsursache	41
5.3. Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	42
5.3.1. Geschlecht	42

5.3.2. Alter	42
5.3.3. Body-Mass-Index (BMI)	43
5.3.1. Beurteilbarkeit	43
5.3.2. Erkennung	44
5.3.3. Dünndarmpassagezeit	44
5.3.4. Komplettierung	45
5.3.5. Komplikationen	45
5.3.6. Nebenbefunde	46
5.3.7. Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention	46
5.4. Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	47
5.4.1. Geschlecht	47
5.4.2. Alter	47
5.4.3. Body-Mass-Index (BMI)	47
5.4.1. Beurteilbarkeit	48
5.4.2. Erkennung	48
5.4.3. Dünndarmpassagezeit	49
5.4.4. Komplettierung	49
5.4.5. Komplikationen	50
5.4.6. Nebenbefunde	50
5.4.7. Calprotectin unmittelbar vor der Intervention	51
6. Statistische Analyse	52
6.1. 95%-Konfidenzintervalle	52
6.1.1. Gesamtkollektiv	52
6.1.2. Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	53
6.1.3. Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	54
6.1.4. Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	55
6.1.5. Korrelationen	56
6.1.6. Logistische Regressionsanalysen	57
7. Diskussion	59
8. Zusammenfassung	61
9. Tabellenverzeichnis	62
10. Abbildungsverzeichnis	64
11. Literatur	65

1. Einleitung

Bei der Videokapselendoskopie handelt es sich um eine nicht-invasive Untersuchung, bei der eine Kapsel mit einer oder mehreren integrierten Kameras geschluckt wird, um Bilder von den Schleimhäuten des Verdauungstrakts aufzunehmen (1). Das Verfahren wurde erstmals im Jahr 2000 von Iddan et al. (2) in der interdisziplinären Fachzeitschrift „Nature“ vorgestellt und hat insbesondere die Darstellung der Dünndarmschleimhaut revolutioniert. Zuvor wurde hierfür auf invasivere Methoden, wie die Push-Enteroskopie oder die intraoperative Enteroskopie zurückgegriffen (3, 4). Bei der Kapselendoskopie kann aufgrund ihres nicht-invasiven und schmerzfreien Charakters auf die Verabreichung von Sedativa oder Analgetika verzichtet werden. Zudem erlaubt diese Untersuchung den Patientinnen und Patienten eine weitgehend uneingeschränkte Fortsetzung des Alltags nach dem Kapselschluck (1, 2).

Die Kapselendoskopie ist nach mittlerweile 25 Jahren ein etabliertes, weltweit breitflächig eingesetztes Verfahren. Aufgrund der zunehmenden wissenschaftlichen Relevanz und der Ausweitung der Indikationen wird die Dünndarmkapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern in dieser Arbeit analysiert (5). An diesem Klinikum kommt die Kapselendoskopie bei den Indikationen „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“, „unklare Eisenmangelanämie“, „Verdacht auf Morbus Crohn“, „Verdacht auf oder Überwachung von familiärer adenomatöser Polyposis“, „Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom“, „Verdacht auf Dünndarmtumor“ sowie „Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie“ zum Einsatz. In der Studie dieser Arbeit werden neben demographischen Daten (Geschlecht, Alter und BMI) die Verteilung der Indikationen und deren Erkennungsrate sowie die Komplettierungs- und Komplikationsrate, die Beurteilbarkeit, die Dünndarmpassagezeit und mögliche Nebenfunde analysiert. Darüber hinaus erfolgt eine Gliederung der Indikationen in Subkollektive, in denen zusätzlich relevante indikationsspezifische Parameter betrachtet werden.

2. Anatomie, Histologie und Physiologie des Gastrointestinaltrakts

Die Kapselendoskopie ist ein diagnostisches Verfahren, bei dem eine Videokapsel in Tablettengröße geschluckt wird, die Bilder per Funk nach außen schickt und nach dem vollständigen Durchlaufen des Verdauungstrakts auf natürlichem Weg ausgeschieden wird (6). Das bedeutet, dass für die Kapselendoskopie alle am Transport beteiligten Organe des Gastrointestinaltrakts relevant sind.

Da in dieser Arbeit die Dünndarmkapselendoskopie betrachtet wird, wird die Anatomie, Histologie und Physiologie des Dünndarms ausführlich erläutert, während die Beschreibung der Anatomie und Physiologie des restlichen Verdauungskanal in verkürzter Form erfolgt. Auf eine Beschreibung der mit dem Gastrointestinaltrakt assoziierten Drüsen (Kopf- beziehungsweise Mundspeicheldrüsen, Bauchspeicheldrüse, Leber und Gallenblase) wird verzichtet, da diese für die Videokapselendoskopie nicht relevant sind.

2.1. Anatomie und Physiologie des Verdauungskanal

Der Verdauungskanal setzt sich zusammen aus Kopf- und Rumpfdarm. Der Kopfdarm besteht wiederum aus der Mundhöhle und dem Rachen. In der Mundhöhle erfolgt die Zerkleinerung der

Nahrung und die Beimischung von Speichel, während der Rachen gemeinsam mit der Zunge am Schluckvorgang beteiligt ist und eine Transportstrecke für die Nahrung darstellt. Der Rumpfdarm gliedert sich in Speiseröhre, Magen, Dünndarm und Dickdarm. Die Speiseröhre verbindet Rachen und Magen und dient somit als Transportweg für den im Mund zerkleinerten Speisebrei. Der Magen stellt den Beginn des enzymatischen Nahrungsaufschlusses dar und dient auch als Reservoir, wo die Nahrung für eine Zeit verweilen kann. Danach folgt der Dünndarm, der sich in Zwölffingerdarm (Duodenum), Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum) unterteilt. Der Dickdarm beginnt mit dem Blinddarm (Zökum), der am Ileum anschließt und anschließend in den Grimmdarm (Colon) übergeht. Dieser lässt sich in einen aufsteigenden (Colon ascendens), quer verlaufenden (Colon transversum), absteigenden (Colon descendens) sowie einen „S“-förmig gebogenen Abschnitt (Colon sigmoideum) unterteilen. Der Dickdarm endet schließlich mit dem Mastdarm (Rektum) und dem daran anschließenden Analkanal. Die Hauptaufgabe des Dickdarms ist die Rückresorption von Wasser mit Elektrolyten, jedoch besitzt er mit dem Mastdarm ebenfalls ein Reservoir, sowie mit dem Analkanal ein Kontinenzorgan. (7) Eine für die Physiologie wichtige Eigenschaft des Gastrointestinaltrakts ist das enterische Nervensystem, welches zwei Nervenplexus umfasst. Der Plexus myentericus liegt zwischen der inneren Ringmuskelschicht und der äußeren Längsmuskelschicht und ist für die Regulation der Motilität und der Durchblutung verantwortlich. Der Plexus submucosus befindet sich zwischen der inneren Ringmuskelschicht und der Submukosa und steuert die Sekretion des Epithels (8).

2.2. Anatomie und Histologie des Dünndarms

2.2.1. Anatomie

Der Dünndarm setzt sich aus drei Teilen zusammen. Er beginnt mit dem Duodenum (Zwölffingerdarm) und setzt sich dann in das Jejunum (Leerdarm) und das Ileum (Krummdarm) fort (7).

Das Duodenum ist 25 bis 30 cm lang und lässt sich in Pars superior, Pars descendens, Pars horizontalis und Pars ascendens unterteilen. Die Pars superior schließt am Magen an und besitzt einen erweiterten Anfangsteil, der sich „Ampulla duodeni“ nennt. Im klinischen Sprachgebrauch wird dieser Teil auch als „Bulbus duodeni“ bezeichnet. In der Pars descendens mündet der gemeinsame Ausführungsgang der Gallengänge „Ductus choledochus“ (aus der Leber kommend) und „Ductus pancreaticus“ (aus der Bauchspeicheldrüse kommend) in der Papilla duodeni major (auch „Papilla vateri“ genannt). Es kann gelegentlich auch die Papilla duodeni minor („Papilla santorini“) etwas weiter oberhalb der Papilla vateri als Mündung eines akzessorischen Pankreasganges vorhanden sein. Die Pars horizontalis stellt eine kurzzeitig querverlaufende Verbindung von Pars descendens und Pars ascendens dar. Die Pars ascendens ist der aufsteigende Teil des Duodenums, wo die Flexura duodenojejunalis den Übergang in das Jejunum darstellt (7).

Der Zwölffingerdarm wird über die Arteriae pancreaticoduodenales superiores (anterior und posterior), die Arteriae retroduodenales sowie die Arteria pancreaticoduodenalis inferior versorgt. Diese Arterien stammen aus der Arteria mesenterica superior und dem Truncus coeliacus. Der venöse Abfluss erfolgt durch die gleichnamigen Venen, die parallel zu den genannten Arterien verlaufen, zur Pfortader (7).

Das Jejunum und das Ileum werden im klinischen Sprachgebrauch oft unter dem Begriff „Dünndarmkonvolut“ zusammengefasst. Diese zwei Dünndarmabschnitte werden deshalb häufig zusammengefasst, da der Übergang vom Jejunum in das Ileum nicht klar begrenzt ist (7). Sie messen zusammen eine Länge von drei bis fünf Meter, wobei dem Jejunum ungefähr 40 % und dem Ileum etwa 60 % zugerechnet werden. Der Dünndarm endet mit dem Ileum am Ostium ileale (auch „Bauhin-Klappe“), welcher den Übergang zum Zökum und somit zum Dickdarm darstellt (7).

Das Dünndarmkonvolut ist am Mesenterium befestigt. Dessen Wurzel „Radix mesenterii“ liegt auf der Höhe zwischen dem 3. und 5. Lendenwirbelkörper und dient der Gefäßversorgung. Hier verlaufen die Arteriae jejunales und ileales, welche aus der Arteria mesenterica superior stammen. Der venöse Abfluss erfolgt über die Vena mesenterica superior, welche im Verlauf mit der Vena splenica die Vena portae hepatis bildet und zur Leber drainiert (7).

2.2.2. Histologie

Der Wandaufbau des Dünndarms ist in mehreren Schichten gegliedert. Diese werden im Anschluss in ihrer Anordnung von luminal, also dem Darmlumen zugewandt, nach außen mit ihren jeweiligen Unterteilungen aufgezählt (7):

- **Tunica mucosa („Mukosa“)**
 - Lamina epithelialis mucosae
 - Lamina propria mucosae
 - Lamina muscularis mucosae
- **Tela submucosa („Submukosa“)**
- **Tunica muscularis („Muskularis“)**
 - Stratum circulare
 - Stratum longitudinale
- **Tunica subserosa („Subserosa“)**
- **Tunica serosa („Serosa“)**
 - Lamina propria serosae
 - Lamina mesothelialis

Eine Besonderheit des Dünndarms ist die Bildung von Ringfalten („Plicae circulares“), die von der Mukosa und Submukosa gebildet werden und quer zur Längsachse des Dünndarms verlaufen. Typisch für den Dünndarm sind auch Krypten und Zotten, die von der Lamina epithelialis mucosae und Lamina propria mucosae der Mukosa gebildet werden. Diese sind von Bedeutung für die Physiologie des Dünndarms, da die Zotten der Resorption dienen und die Krypten der Zellerneuerung (9).

Im Dünndarmepithel kommen mehrere verschiedene Zelltypen vor. Wichtig sind vor allem die Enterozyten, welche die Zotten auskleiden. Sie sind hochprismatische Epithelzellen, die luminal über Mikrovilli verfügen, welche den sogenannten Bürstensaum bilden. Dieser Bürstensaum vergrößert die Oberfläche des Dünndarmepithels um das 15-fache und stellt unter anderem die Enzyme für den Kohlenhydratabbau zur Verfügung. Dazwischen befinden sich von oral nach aboral zunehmend sogenannte Becherzellen. Diese kommen sowohl in den Zotten als auch in den Krypten vor. Sie produzieren Muzine, die als Gleitfilm den Transport des Speisebreis erleichtern. In den Krypten befinden sich außerdem Paneth-Zellen, die in ihrer Anzahl ebenfalls

von oral nach aboral zunehmen. Sie enthalten eosinophiles Granula, das wiederum Lysozym enthält, welches die Wand von Bakterien angreift, um deren Wachstum zu hemmen (7, 9).

Im Duodenum stellen die Brunner-Drüsen eine histologische Besonderheit dar. Sie liegen in der Submukosa und ihre Ausführungsgänge münden in Krypten. Brunner-Drüsen sezernieren unter anderem Muzine und Bikarbonat. Die Stimulation erfolgt durch Sekretin (9).

Im Ileum kommen als histologische Besonderheit zudem Lymphfollikel-Ansammlungen vor. Diese nennen sich „Peyer-Plaques“ oder „Noduli lymphoidei aggregati“. Das darüberliegende Epithel („Domepithel“) enthält keine Becherzellen (9).

2.3. Physiologie des Gastrointestinaltrakts

Die Aufgabe des Gastrointestinaltrakt besteht aus der Verdauung und der Absorption von Nahrungsbestandteilen. Mit dem Begriff „Verdauung“ drückt man den Abbau von Nahrungsbestandteilen zu niedermolekularen Verbindungen aus, während „Absorption“ die Aufnahme dieser ins Blut oder in die Lymphe bezeichnet. Die Verdauung ist ein Zusammenspiel aus gastrointestinaler Motilität, Sekretion und membranassoziierter Verdauung (8).

2.3.1. Gastrointestinale Motilität

Die gastrointestinale Motilität dient in erster Linie dem Transport der aufgenommenen Nahrung von oral nach aboral (8). Diese physiologische Eigenschaft des menschlichen Körpers ist somit essenziell für die erfolgreiche Durchführung der Kapselendoskopie.

Zusätzlich zum Transport des Nahrungsbreis dienen die Darmbewegungen auch der mechanischen Zerkleinerung und der Vermischung mit den Verdauungssekreten. Die gastrointestinale Motilität erfolgt mit Ausnahme der Nahrungsaufnahme (Kauen und Schlucken) und der Defäkation unwillkürlich durch das enterische Nervensystem. Kommt es zur Dilatation eines Darmsegments durch den Darminhalt, registriert der Plexus submucosus diese Dehnung und leitet diese Information an den Plexus myentericus weiter, welcher den Darmabschnitt oberhalb des Bolus kontrahiert und den Abschnitt unterhalb des Bolus relaxiert. Die Dün- und Dickdarmmotilität kommt hauptsächlich durch Segmentationsbewegungen (gleichzeitige Kontraktion der Ringmuskulatur benachbarter Darmsegmente) und Pendelbewegungen (rhythmische Kontraktionen der Längsmuskulatur) zustande. Diese Bewegungen dienen der Durchmischung des Darminhalts und sollen gleichzeitig den Speisebrei mit dem absorbierenden Epithel in Kontakt bringen (8).

2.3.2. Gastrointestinale Sekretion, membranassozierte Verdauung und Absorption

Täglich werden dem Speisebrei ungefähr acht Liter Verdauungssekret beigemischt. Die verschiedenen Verdauungssekrete sind Speichel, Magensaft, Pankreassekret, Galle sowie Dün- und Dickdarmsekret. Die exokrine Sekretion dient je nach Bedarf im jeweiligen Verdauungsprozess der Beimischung von Säuren, Bikarbonat, Elektrolyte und verschiedenen Enzymen. Darüber hinaus bilden die Becherzellen eine Schleimschicht, die das Epithel des Magen-Darm-Trakts vor den sezernierten Säuren und Verdauungsenzymen schützen soll. Verdauungsenzyme, die in den Sekreten enthalten sind, dienen dem intraluminalen Aufschluss von Nahrungsbestandteilen. Die enzymatische Spaltung durch die im Bürstensaum lokalisierten Enzyme wird als „membranassozierte Verdauung“ bezeichnet (8).

Kohlenhydrate werden durch das im Speichel und im Pankreassekret enthaltene Enzym α -Amylase zu Oligosacchariden gespalten. Diese werden wiederum durch die

Bürstensaumenzym Laktase, Maltase und Saccharase-Isomaltase in weiterer Folge zu Monosacchariden hydrolysiert und im Duodenum und Jejunum absorbiert (8).

Proteine werden im Magen durch Pepsine angedaut. Im Dünndarm erfolgt die Beimengung des Pankreassekrets, wo das darin enthaltene Trypsinogen durch das Bürstensaumenzym Enterokinase in aktives Trypsin umgewandelt wird, welches wiederum Chymotrypsinogen zu Chymotrypsin aktiviert. Diese Endopeptidasen sind gemeinsam mit den Exopeptidasen des Pankreassekrets wesentlich an der weiteren Zerlegung der Proteine in Oligopeptide beteiligt, die danach durch membranständige Oligopeptidasen zu Aminosäuren, Dipeptiden und Tripeptiden verdaut werden. Etwa 80-90 % werden im Duodenum und Jejunum absorbiert, die restlichen Proteinspaltprodukte werden im Kolon bakteriell abgebaut (8).

Lipide werden enzymatisch durch Lipasen aus Speichel, Magensaft und Pankreassekret zu Diglyceriden, Monoglyceriden und freien Fettsäuren gespalten, wobei die Pankreaslipase den Hauptteil der Fettverdauung übernimmt. Die Gallensäuren aus der Leber bilden im Dünndarm gemischte Mizellen, die die Angriffsfläche der Pankreaslipase vergrößern. Wie auch bei der Kohlenhydrat- und Proteinverdauung werden die Lipidspaltprodukte großteils (etwa 95 %) im Duodenum und Jejunum absorbiert, zu Triglyceriden resynthetisiert und vor allem in die Lymphe abgegeben (8).

Der Großteil der Absorption findet im Dünndarm statt. Dies ist auf die durch die Mikrovilli stark vergrößerte Oberfläche der Dünndarmschleimhaut zurückzuführen (7–9). Während Kohlenhydrate, Proteine und Fette fast ausschließlich im Dünndarm absorbiert werden, erfolgt die Absorption von Wasser und Elektrolyten auch zu einem nennenswerten Anteil im Kolon (8).

3. Die Kapselendoskopie

3.1. Entwicklung

Im Jahr 1981 begann in der US-amerikanischen Stadt Boston die Entwicklung der Videokapselendoskopie durch den israelischen Ingenieur Gavriel Iddan und den ebenfalls israelischen Gastroenterologen Eitan Scapa. Im Laufe der Entwicklung kam es außerdem zur Zusammenarbeit mit dem englischen Gastroenterologen Paul Swain (1, 10). Erstmals veröffentlicht wurde die Videokapselendoskopie im Jahr 2000 in der interdisziplinären Fachzeitschrift „Nature“ (2).

Eine Kapselendoskopie besteht aus einer verschluckbaren Kapsel, einem am Abdomen befestigten Aufnahmegerät und einer Auswertungssoftware. Die Kapsel selbst enthält eine oder mehrere Kameras, eine Lichtquelle, eine Batterie und einen Transmitter (1, 11, 12). Je nach verwendeter Videokapsel können unter anderem das Sichtfeld, die Lebensdauer der Batterie und die Anzahl an Bildern pro Sekunde variieren. Bei jeder Untersuchung können zwischen 50.000 und 60.000 Bilder entstehen, deren Beurteilung wiederum 30 bis 90 Minuten in Anspruch nehmen kann (1).

Die Kapselendoskopie wurde als Lösung für den dringenden Bedarf einer gering invasiven Dünndarmuntersuchung entwickelt. Iddan et al. (2) beschreiben die Kapselendoskopie als erstmalig schmerzlose Darstellung der gesamten Dünndarmschleimhaut.

Zuvor kamen bei Fragestellungen zur Dünndarmschleimhaut meist die Push-Enteroskopie oder die intraoperative Enteroskopie zum Einsatz (3, 4). Bei der Push-Enteroskopie handelt es sich um eine erweiterte gastroskopische Untersuchung, bei der ein Endoskop oral eingeführt und nach dem Passieren des Ösophagus, des Magens und des Duodenums aktiv in den

angrenzenden Dünndarm vorgeschoben wird. Wiederholte „Push-Pull“-Bewegungen falten bei dieser Technik die Dünndarmwand auf das Instrument und erlauben so ein Vorankommen im stark verwinkelten Dünndarm (4). Die größte Limitation der Push-Enteroskopie ist, dass bei dieser Untersuchung meist nur ein Teil des Dünndarms einsehbar ist (3, 4). Die intraoperative Enteroskopie ermöglicht zwar das Einsehen der gesamten Dünndarmschleimhaut, ist jedoch ein sehr invasives Verfahren. Hierbei wird das Endoskop während einer offenen Laparotomie von einer Chirurgin oder einem Chirurgen manuell durch den Dünndarm geführt (3, 13). Neben der Kapselendoskopie wurde zur gleichen Zeit auch an Verbesserungen der Enteroskopie geforscht. Im Jahr 2001 wurde die von dem japanischen Gastroenterologen Hironori Yamamoto entwickelte Doppelballon-Enteroskopie vorgestellt. Bei dieser Methode gibt es neben dem Endoskop auch einen Übertubus. Beide sind mit jeweils einem Ballon ausgestattet, welche abwechselnd aufgeblasen und abgelassen werden. Ist der Ballon des Übertubus aufgeblasen, befindet sich jener des Endoskops im kollabierten Zustand, während das Endoskop weiter vorgeschoben wird und umgekehrt. Dadurch kommt es wiederum zum Faltungseffekt, durch den der gesamte Dünndarm eingesehen werden kann (14). Neben der Doppelballon-Enteroskopie gibt es heutzutage auch die Single-Ballon-Enteroskopie und die Spiralenteroskopie, welche mit jeweils unterschiedlichen Techniken ebenfalls den Dünndarm als Ganzes darstellen können (1, 15). Die Spiralenteroskopie wurde allerdings im Juli 2023 aufgrund eines Todesfalls nach der chirurgischen Entfernung eines steckengebliebenen Geräts weltweit vom Markt genommen (16).

Einzigartig an der Kapselendoskopie ist ihre Fähigkeit, den gesamten Gastrointestinaltrakt vom Ösophagus bis zum Kolon in einer einzigen Untersuchung darzustellen. Ein weiterer Vorteil dieser Untersuchung ist ihr nicht-invasiver Charakter, sodass Patientinnen und Patienten nach dem Schlucken der Kapsel ihren Alltag weitgehend uneingeschränkt fortsetzen können. Darüber hinaus werden weder Sedativa noch Analgetika benötigt (1, 2).

Allerdings hat die nicht-invasive Methode auch Nachteile. Neben der möglichen Kapselretention, eine Komplikation, bei der die Videokapsel im Gastrointestinaltrakt stecken bleibt, gibt es auch technische Nachteile der Kapselendoskopie (1). Beispielsweise können die derzeit verfügbaren Kapseln nur Bilder aufnehmen und sind nicht in der Lage zu saugen, zu spülen, therapeutische Interventionen durchzuführen, sich kontrolliert durch den Verdauungstrakt zu bewegen oder Biopsien zu entnehmen (1, 5).

3.2. Verfügbare Kapseln

Die von Iddan et al. (2) verwendete Kapsel hatte eine Größe von 11 x 30 mm und diente mit einer Batterielaufzeit von fünf Stunden lediglich zur Beurteilung des Dünndarms. Heutzutage gibt es mehrere Hersteller, die unterschiedliche Kapseln produzieren. Es gibt beispielsweise Videokapseln, die speziell für die Untersuchung von Speiseröhre und Magen entwickelt werden, oder aber auch Kapseln, die gezielt zur Beurteilung des Dickdarms dienen. Je nach Verwendungszweck und Hersteller können sich diese Kapseln in Größe, Bilder pro Sekunde, Batterielaufzeit, Sichtfeld und Bildauflösung unterscheiden (15).

Um einen Überblick über die momentan verfügbaren Kapseln zu verschaffen, werden jene der Hersteller Medtronic (Minneapolis, Minnesota, USA), AnX Robotica (Plano, Texas, USA), Jinshan Science & Technology (Chongqing, China), Olympus (Tokyo, Japan) und CapsoVision (Saratoga, Kalifornien, USA) angeführt (17–21).

Am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern wurden im Studienzeitraum dieser Masterarbeit die PillCam SB3 sowie die Patency-Kapsel der Firma Medtronic verwendet. Die bioresorbierbare Patency-Kapsel wird bei Verdacht auf oder einem erhöhten Risiko für eine Dünndarmstenose vor der eigentlichen Videokapsel eingesetzt.

3.2.1. Kapseln für den oberen Gastrointestinaltrakt

Die erste Kapselendoskopie des Ösophagus wurde 2004 von der FDA in den USA zugelassen. Hierfür wurden Kapseln mit zwei Kameras an jeweils einem Ende entwickelt, um das Sichtfeld deutlich zu erweitern. Zusätzlich wurde die Bildaufnahme rate auf anfangs 18 Bilder pro Sekunde erhöht, da der Transit durch die Speiseröhre nur etwa zehn Sekunden in Anspruch nimmt. Diese zwei Faktoren sind essentiell, um die Schleimhaut des Ösophagus als Ganzes beurteilen zu können. Die Ösophagus-Kapselendoskopie ist vor allem zur Diagnostik des Barrett-Ösophagus indiziert, kann jedoch auch zur Erkennung von Ulcera und Varizen in der Speiseröhre eingesetzt werden. (1, 15, 22).

Auch bei der Kapselendoskopie des Magens gibt es Herausforderungen zu bewältigen. Die geräumige und ungleichmäßige Form erschwert eine vollständige Untersuchung mittels einer herkömmlichen Kapsel. Um eine Lösung für dieses Problem zu finden, wurde an mehreren Ideen geforscht, wie beispielsweise an lenkbaren Kapseln mit Flossen oder rotierenden Schaufeln. Die besten Ergebnisse wurden allerdings mit magnetisch gesteuerten Kapseln erzielt, wo ein magnetischer Roboterarm von außen die ebenfalls magnetische Kapsel im Magen steuert.

Diese Art der Kapselendoskopie wird vor allem in China breitflächig als Magenkarzinom-Screening durchgeführt (15). Beispiele für solche Systeme sind von AnX Robotica das „NaviCam Stomach“ System und von Jinshan das System „OMOM Robotic“, deren technische Daten in Tabelle 1 aufgeführt sind (17, 19).

Vergleich der robotisch gesteuerten Kapseln für den Magen

Parameter	NaviCam Stomach System	OMOM Robotic
Größe [mm]	27 x 11,8	30 x 11,5
Bilder pro Sekunde [fps]	0,5 – 6	2 – 10
Batteriekapazität [Stunden]	> 16	12
Kamera-Anzahl	1	1
Sichtfeld [°]	160	172
Bildauflösung [Pixel]	640 x 480	512 x 512

Tabelle 1: Vergleich der robotisch gesteuerten Kapseln für den Magen (15, 17, 19)

3.2.2. Dünndarm-Kapseln

Alle im Punkt 3.2. erwähnten Hersteller produzieren Kapseln für die Dünndarmkapselendoskopie. Die Aufnahmen der Kapseln von Medtronic (PillCam SB3), AnX Robotica (NaviCam Small Bowel System), Jinshan (OMOM HD) und Olympus (Endocapsule 10) werden auf einem tragbaren Aufnahmegerät gespeichert. Dadurch können die Kapseln nach dem Ausscheiden problemlos weggespült werden. (17, 19, 21, 23).

Eine Besonderheit weist die CapsoCam Plus von CapsoVision auf, da sie die Bilder in situ speichert und somit kein externes Aufnahmegerät benötigt. Allerdings muss die Kapsel nach dem Ausscheiden von den Patientinnen und Patienten aus dem Stuhl geborgen und an das untersuchende ärztliche Personal zurückgegeben werden. Die gespeicherten Daten werden

anschließend per Bluetooth von der Kapsel auf einen Computer übertragen (15, 20). Darüber hinaus verfügt die CapsoCam Plus über vier Kameras, was ein Sichtfeld von 360° ermöglicht (20).

Weitere technische Daten der Dünndarm-Kapseln sind in Tabelle 2 ersichtlich. Die Kapsel von AnX Robotica „NaviCam Small Bowel System“ wird aufgrund von Platzmangel in dieser Tabelle als „NaviCam SB-System“ abgekürzt.

Übersicht der technischen Daten der verfügbaren Dünndarm-Videokapseln

Parameter	PillCam SB3	NaviCam SB-System	OMOM HD	Endocapsule 10	CapsoCam Plus
Größe [mm]	26 x 11	27 x 11,8	25,4 x 11	26 x 11	31 x 11
Bilder pro Sekunde [fps]	2 – 6	0,25 x 4	2 – 10	2	20
Batteriekapazität [Stunden]	8	12	12	12	15
Kamera-Anzahl	1	1	1	1	4
Sichtfeld [°]	156	140 (± 10%)	172	160	360
Bildauflösung [Pixel]	340 x 340	480 x 480	512 x 512	Keine Angabe	221 x 184

Tabelle 2: Technische Daten der verfügbaren Dünndarm-Kapseln (15, 17, 20, 23, 24)

3.2.3. Kolon-Kapseln

Die erste Kapsel zur kapselendoskopischen Untersuchung des Kolons wurde 2006 vorgestellt. Eine Kolon-Kapsel nimmt Bilder im Ösophagus und Magen für drei Minuten auf, bevor sie sich für 1 Stunde und 45 Minuten in eine Art Schlafmodus versetzt, um die Lebensdauer der Batterie für eine Dickdarmuntersuchung zu garantieren. Darüber hinaus verfügen die Kolon-Kapseln über zwei Kameras, um das Sichtfeld deutlich zu erweitern (15).

Die Dickdarm-Kapselendoskopie wird in Fällen einer zuvor unvollständigen diagnostischen Koloskopie oder bei ausdrücklicher Patientenpräferenz empfohlen (15, 25). Als Screening-Methode für das kolorektale Karzinom wird diese Untersuchung aktuell nicht empfohlen (1, 25). Derzeit werden Kolon-Kapseln von den Herstellern Medtronic (PillCam Colon 2), AnX Robotica (NaviCam Colon System) und Jinshan (OMOM CC) produziert (17, 19, 21). Ein Überblick der technischen Daten dieser Kapseln wird in Tabelle 3 geboten.

Übersicht der technischen Daten der verfügbaren Kolon-Kapseln

Parameter	PillCam Colon 2	NaviCam Colon System	OMOM CC
Größe [mm]	32 x 12	31 x 11,6	31,5 x 11,6
Bilder pro Sekunde [fps]	4 - 35	0,5 – 40	4 – 35
Batteriekapazität [Stunden]	10	10	10
Kamera-Anzahl	2	2	2
Sichtfeld [°]	340	320	344
Bildauflösung [Pixel]	512 x 512	640 x 480	360 x 360

Tabelle 3: Technische Daten der verfügbaren Kolon-Kapseln (15, 17, 19)

3.2.4. Weitere verfügbare Kapseln

Die Firma Medtronic produziert neben der Dünn- und Dickdarm-Kapsel noch zwei weitere Kapseln. Die PillCam Crohn's-Kapsel wurde speziell für die Diagnostik und Überwachung chronisch entzündlicher Darmerkrankungen wie Morbus Crohn und Colitis Ulcerosa entwickelt. Sie wurde 2017 in den USA zugelassen und ist wie die PillCam Colon 2 mit zwei Kameras ausgestattet, was ein Sichtfeld von 344° ermöglicht. Diese Kapsel unterscheidet sich von der Kolon-Kapsel hauptsächlich durch ihre Batteriekapazität von 12 Stunden, was eine Aufnahme des gesamten Gastrointestinaltrakts erlaubt. Die PillCam Patency-Kapsel (übersetzt „Durchgängigkeits-Kapsel“) ist eine bioresorbierbare, röntgendichte Kapsel ohne Kamera, welche beim Verdacht auf Stenosen vor der eigentlichen Kapselendoskopie eingenommen werden kann, um die Durchgängigkeit zu prüfen und somit das Risiko einer Kapselretention zu minimieren. Sollte die Darmpassage nicht gewährleistet sein und die Kapsel im Verdauungstrakt stecken bleiben, löst sie sich aufgrund ihrer bioresorbierbaren Materialien von selbst auf (15, 21).

Neben Videokapseln gibt es auch Kapseln, die Parameter wie beispielsweise Druck, Temperatur oder pH-Wert registrieren. Kapseln mit einer Druck- oder Temperatursensorik werden hauptsächlich für wissenschaftliche Fragestellungen herangezogen. Beispielsweise werden Kapseln mit einem Temperatursensor in erster Linie zur Überwachung der Kerntemperatur von Sportlerinnen und Sportlern während des Trainings eingesetzt. Die Aufzeichnung des intraluminalen Drucks kann in Kombination mit einem pH-Sensor die Transitzeit der verschiedenen Regionen im Gastrointestinaltrakt messen. Kapseln mit einem pH-Sensor können darüber hinaus auch für diagnostische Zwecke eingesetzt werden. Beispielsweise können diese an der Speiseröhre angebracht werden, wo über einen längeren Zeitraum der pH-Wert der Speiseröhre gemessen wird, um eine gastroösophageale Refluxkrankheit zu erkennen. Ein pH-Sensor kann jedoch auch feststellen, ob sich eine Kapsel, die mit einem Medikamentenreservoir versehen ist, in der richtigen Region des Gastrointestinaltrakts befindet, um dieses Reservoir zu entleeren (26).

Eine weitere Gruppe von Kapseln dient der Gewinnung mikrobiologischer Proben. Bereits 1974 wurde die Crosby-Kugler-Kapsel in Kombination mit einem Fiberskop zur Entnahme von Jejunalbiopsien eingesetzt, um die Platzierung unter Sichtkontrolle zu ermöglichen und somit die Strahlenbelastung durch Röntgenkontrollen während des Eingriffs zu reduzieren oder vollständig zu vermeiden (27). Die SIMBA™-Kapsel („Small Intestinal Multi-omic Biological Aspiration“) stellt ein modernes Modell dar, das selbstständig unter pH-Kontrolle Dünndarmflüssigkeit für mikrobiologische Analysen entnehmen kann (28).

3.3. Durchführung der Kapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern

Die Kapselendoskopie wird am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern ambulant durchgeführt. Hierfür müssen 4 Wochen vor der Kapselendoskopie antirheumatische Schmerzmittel und Acetylsalicylsäure (soweit klinisch vertretbar) abgesetzt werden. Die Patientinnen und Patienten sollen 12 Stunden vor der Untersuchung keine feste Nahrung zu sich nehmen, sondern ausschließlich klare Flüssigkeiten konsumieren. Für die ambulante Durchführung wird ein Termin am frühen Morgen vereinbart. Nach der ärztlichen Aufklärung und

der schriftlichen Einwilligung der Patientin oder des Patienten werden mithilfe einer hausinternen Checkliste je nach Indikation unterschiedliche Vorbefunde geprüft (Tabelle 4). Zusätzlich wird bei allen Indikationen geprüft, ob ein aktuelles Labor vorliegt, wo folgende Parameter begutachtet werden: Blutbild, CRP (C-reaktives Protein), vollständiger Eisenstatus sowie Nieren- und Leberfunktionsparameter. Zudem werden vor der Kapselendoskopie bei allen Patientinnen und Patienten eine Schluckstörung oder eine vorliegende Stenoseklinalik ausgeschlossen. Das Abarbeiten dieser Checkliste soll unter anderem prüfen, ob eine Kapselendoskopie durchgeführt werden kann, oder ob Kontraindikationen vorliegen.

Checkliste der erforderlichen Vorbefunde für die jeweiligen Indikationen der Kapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern

Gastrointestinale Blutung	Gastroskopie
	Koloskopie
Eisenmangelanämie	Ausführliche Medikamentenanamnese
	Gastroskopie
	Koloskopie
Morbus Crohn	Koloskopie
	Bekannte Dünndarmstenosen ausgeschlossen
	MR-Enterographie
Familiäre adenomatöse Polyposis	Gastroskopie
Peutz-Jeghers-Syndrom	Zustand nach Dünndarmresektionen ausgeschlossen
Dünndarmtumor	MR-Enterographie
Zöliakie	Gastroskopie
	Serologische Antikörperbestimmung
	Therapiecompliance

Tabelle 4: Kapselendoskopie-Checkliste des Ordensklinikums Linz Barmherzige Schwestern

Im Anschluss trinken die Patientinnen und Patienten eine Polyethylenglycol-Lösung, um den Darm für eine ausreichende Beurteilbarkeit zu säubern. Zwei Stunden später erfolgt das Anbringen des Sensors und des Aufnahmegeräts. Diese werden an einem Gurt befestigt, der bis zu einem durch die Pflege vereinbarten Zeitpunkt, der dem Untersuchungsende entspricht, nicht entfernt werden darf. Nun wird die Videokapsel aktiviert und anschließend unter Aufsicht mit etwas Wasser geschluckt. In der Regel dauert die Untersuchung 12 Stunden. Die Kapsel sollte nach einem bis drei Tagen ausgeschieden werden und darf als Einmalprodukt verworfen werden. Sollte die Kapsel nicht ausgeschieden werden, wird den Patientinnen und Patienten empfohlen, mit der gastroenterologischen Abteilung telefonisch Kontakt aufzunehmen.

Im Zeitraum der durchgeführten Studie kam es bezüglich der Vorbereitung und des Verhaltens nach dem Kapselschluck zu hausinternen Änderungen.

Die Patientinnen und Patienten erhielten bis zum 31.01.2021 zwei Stunden vor der Untersuchung 1 Liter MOVIPREP® mit einem zusätzlichen Liter Wasser, und sie durften zwei Stunden nach dem Schlucken der Videokapsel trinken sowie vier Stunden später auch wieder essen. Im Zeitraum zwischen dem 31.01.2021 und dem 30.06.2023 erhielten die Patientinnen und Patienten entweder die erste von zwei Dosen von PLENVU® oder 1 Liter GoLYTELY® und

durften zwei Stunden nach dem Kapselschluck wieder etwas trinken, allerdings bis zum Ende der Untersuchung nichts essen. Ab dem 30.06.2023 wurden alle Patientinnen und Patienten ausschließlich mit 1 Liter GoLYTELY® vorbereitet. Am Verhalten nach dem Schlucken der Kapsel wurden nach dem 31.01.2021 keine Änderungen mehr durchgeführt.

3.4. Komplikationen der Kapselendoskopie

Die Kapselendoskopie birgt, wie viele andere Untersuchungen, Risiken für das Auftreten von Komplikationen. Unter anderem kann es zur allergischen Reaktion auf den Klebestreifen der Sensoren kommen oder zur Aspiration der Kapsel während des Schluckvorgangs (29).

Bei Patientinnen und Patienten mit Herzschrittmachern oder Defibrillatoren können elektromagnetische Störungen zu fehlerhaften Bildaufnahmen führen. Da die Videokapsel allerdings die genannten Implantate nicht beeinflusst, hat diese Komplikation keinen Einfluss auf das Wohlergehen der Betroffenen (1, 29, 30).

Die relevanteste Komplikation ist allerdings die Retention der Videokapsel.

3.4.1. Kapselretention

Die Kapselretention wird definiert durch die ausbleibende Ausscheidung der Kapsel innerhalb von zwei Wochen (31). Das Auftreten dieser Komplikation wird auf ungefähr ein bis sechs Prozent geschätzt (32). Es gibt unterschiedliche Risikofaktoren für eine Kapselretention. Hierzu zählen unter anderem Dünndarmobstruktionen durch beispielsweise Tumoren, Stenosen, Adhäsionen nach Dünndarmoperationen, entzündliche Darmerkrankungen oder aber auch eine Strahlentherapie im Bauch- oder Beckenbereich in der Vorgeschichte. Um die Durchgängigkeit des Verdauungstraktes sicherzustellen, kann entweder ein Schnittbildverfahren oder eine Enterographie durchgeführt oder, wie in Abschnitt 3.2.4 beschrieben, vorab eine Patency-Kapsel verabreicht werden. Bei Verdacht auf eine Kapselretention kann die Kapsel mithilfe radiologischer Untersuchungen lokalisiert werden. Verweilt die Kapsel über einen längeren Zeitraum im Gastrointestinaltrakt, kann es beispielsweise zur Obstruktion oder Perforation kommen. Retinierte Kapseln können endoskopisch oder auch chirurgisch entfernt werden (1). Sind entzündliche Stenosen ursächlich für die Kapselretention, kann eine medikamentöse Therapie mit Glukokortikoiden oder Biologika die spontane Ausscheidung der Kapsel unterstützen (33).

3.5. Indikationen für eine Kapselendoskopie

Zu den Indikationen für eine Kapselendoskopie zählen der Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung, die unklare Eisenmangelanämie, der Verdacht auf Morbus Crohn, der Verdacht oder die Überwachung von familiärer adenomatöser Polyposis, der Verdacht auf oder die Überwachung von dem Peutz-Jeghers-Syndrom, der Verdacht auf einen Dünndarmtumor und der Verdacht auf oder die Überwachung von Zöliakie. In diesem Kapitel werden die genannten Erkrankungen hinsichtlich ihrer Epidemiologie, Ätiologie, Klinik, Diagnostik, Therapie und möglicher Komplikationen erläutert.

3.5.1. Gastrointestinale Blutung

Die gastrointestinale Blutung (kurz „GI-Blutung“) wird definiert durch einen Blutverlust im Lumen des Gastrointestinaltrakts. Die Einteilung erfolgt anatomisch in obere, mittlere und untere gastrointestinale Blutung. Bei der oberen GI-Blutung ist die Blutungsquelle proximal der Flexura duododenojejunalis lokalisiert. Von einer mittleren GI-Blutung spricht man, wenn die Blutung

zwischen der Flexura duododenojejunalis und der Ileozökalklappe stattfindet. Die untere GI-Blutung bezeichnet eine Blutung distal der Ileozökalklappe (12). Neben der anatomischen Unterscheidung kann man GI-Blutungen auch funktionell in „overt“ und „okkulte“ Blutungen unterteilen. Bei overten Blutungen liegen klinische Zeichen vor (in Punkt 3.5.1.3. beschrieben), während okkulte GI-Blutungen ausschließlich durch laborchemische Parameter nachweisbar sind. Der Begriff „obskure Blutung“ beschreibt eine GI-Blutung, deren Quelle weder durch eine Ösophagogastroduodenoskopie noch durch eine Koloskopie nachweisen lässt. Gastrointestinale Blutungen lassen sich auch zeitlich in akute und chronische Formen unterteilen. Eine akute Blutung liegt vor, wenn die Symptomatik seit weniger als drei Tagen besteht. Chronische GI-Blutungen dauern über mehrere Tage oder länger an und äußern sich häufig als Eisenmangelanämie (34).

3.5.1.1. Epidemiologie

Die Inzidenz der oberen GI-Blutung beträgt ungefähr 1/1.000/Jahr, während jene der unteren GI-Blutung bei 1/4.000/Jahr liegt. Männer sind häufiger betroffen als Frauen und das Risiko einer gastrointestinalen Blutung steigt mit dem Alter an, da vor allem Personen im höheren Lebensalter betroffen sind (35). Am häufigsten treten obere GI-Blutungen auf (85 %), gefolgt von unteren GI-Blutungen (10 %). Mittlere GI-Blutungen treten mit 5 % am seltensten auf (12).

3.5.1.2. Ätiologie

Je nach Lokalisation der Blutung gibt es unterschiedliche Ursachen. Beispiele für Ursachen der oberen GI-Blutung wären Magen- oder Duodenalulzera, eine erosive Gastritis oder Ösophagitis, Ösophagus- oder Fundusvarizen, das Mallory-Weiss-Syndrom oder ein Magenkarzinom. Für mittlere GI-Blutungen können Angiodysplasien, Dünndarmtumoren, Morbus Crohn, ein Mesenterialinfarkt oder Schleimhautdefekte durch die Einnahme von nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR) ursächlich sein. Untere GI-Blutungen können durch Hämorrhoiden, Polypen, Divertikel, chronisch entzündliche Darmerkrankungen wie Morbus Crohn oder Colitis ulcerosa, Angiodysplasien, Kolonkarzinome oder NSAR-assoziiert auftreten (12, 36).

3.5.1.3. Klinik

Eine gastrointestinale Blutung kann sich je nach Blutungslokalisierung unterschiedlich bemerkbar machen. Bei einer oberen GI-Blutung kann es zu Bluterbrechen („Hämatemesis“) kommen. Liegt die Blutungsquelle im Ösophagus, erscheint das Blut im Erbrochenen eher hellrot. Hatte das Blut bereits Kontakt zur Salzsäure im Magensaft, spricht man vom sogenannten „Kaffeesatzbrechen“, da die Salzsäure das Blut dunkel färbt. Obere oder mittlere GI-Blutungen können sich aber auch im Stuhl als sogenannten „Teerstuhl“ („Meläna“) zeigen. Bei unteren GI-Blutungen finden sich oft frischblutige Auflagerungen am Stuhl („Hämatochezie“) (12).

3.5.1.4. Diagnostik

Beim Verdacht auf eine GI-Blutung erfolgt nach einer Anamnese und körperlichen Untersuchung eine Laboruntersuchung, wo besonderes Augenmerk auf Blutbild und Gerinnungsparameter gelegt wird, bevor eine endoskopische Untersuchung durchgeführt wird. Das Blutbild und mögliche Schockzeichen bei der körperlichen Untersuchung geben entscheidende Hinweise darauf, ob die Patientin oder der Patient hämodynamisch stabil oder instabil ist und wie dringend eine Endoskopie eingeleitet werden muss. Je nach vermuteter Lokalisation wird entweder eine Ösophagogastroduodenoskopie oder eine Ileokoloskopie durchgeführt. Lässt sich hier weder eine obere noch untere Blutungsquelle identifizieren, ist anschließend eine CT-Angiographie als bildgebendes Verfahren indiziert. Bleibt die Blutungsquelle nach wie vor unbekannt, wird eine

Kapselendoskopie oder eine Doppelballonenteroskopie zur Abklärung einer möglichen obscuren, mittleren GI-Blutung eingesetzt (12, 37).

3.5.1.5. Therapie

Die Therapie erfolgt wie die Diagnostik endoskopisch. Wird bei der diagnostischen endoskopischen Untersuchung eine Blutungsquelle identifiziert, kann diese unmittelbar therapiert werden. Zu den Methoden der endoskopischen Blutstillung zählen Clip-Versorgung, Gummibandligatur, Unterspritzung mit Adrenalin oder die Argon-Plasma-Koagulation (APC) (12).

3.5.2. Eisenmangelanämie

Eine Anämie beschreibt als Oberbegriff die sogenannte Blutarmut, die vorliegt, wenn die Hämoglobinkonzentration oder der Hämatokrit reduziert ist. Bei Frauen spricht man von einer Anämie, wenn das Hämoglobin $< 12,0$ g/dl oder der Hämatokrit < 37 % liegt. Bei Männern liegt eine Anämie bei einem Hämoglobin $< 14,0$ g/dl oder einem Hämatokrit < 42 % vor (12). Die Erythrozytenindices MCH und MCV ermöglichen zudem die Einteilung in hypo-, normo- und hyperchrom (anhand des MCH) beziehungsweise mikro-, normo- und makrozytär (anhand des MCV). Bei einer Eisenmangelanämie oder chronischen Blutungsanämie liegt typischerweise eine hypochrome, mikrozytäre Anämie vor (MCH < 28 pg, MCV < 80 fl) (12).

3.5.2.1. Epidemiologie

Bei der Anämie handelt es sich um die häufigste Blutbildveränderung. Mit etwa 80 % stellt die Eisenmangelanämie die häufigste Anämieform dar. 10 % der Frauen im gebärfähigen Alter sind von einer Eisenmangelanämie betroffen (12).

3.5.2.2. Ätiologie

Es gibt verschiedene Ursachen, wie es zu einem Eisenmangel kommen kann. Zum einen kann eine ungenügende Zufuhr oder Resorption ursächlich für einen solchen Mangel sein. Zum anderen kann auch ein physiologischer Mehrbedarf zu einem Eisenmangel führen, der etwa bei Schwangeren oder bei Kindern oder Jugendlichen aufgrund des Wachstums auftreten kann. Eine weitere mögliche Ursache ist allerdings auch der erhöhte Eisenverlust durch Blutungen. Hierbei kann es sich um genitale Blutungen wie beispielsweise bei einer Hypermenorrhoe handeln, aber auch um gastrointestinale Blutungen, die bereits im Punkt 3.5.1. behandelt wurden (12).

3.5.2.3. Klinik

Durch die verminderte Hämoglobinkonzentration kommt es zur eingeschränkten Sauerstoffversorgung des Gewebes. Betroffene erscheinen blass und leiden meist an Müdigkeit, Schwäche, Konzentrationsschwierigkeiten, Kopfschmerzen und Belastungsdyspnoe. Darüber hinaus kommt es zur kompensatorischen Tachykardie, welche Patientinnen und Patienten meist als Herzklopfen beschreiben (12).

3.5.2.4. Diagnostik

Die Eisenmangelanämie ist eine laborchemische Diagnose. Wie bereits erwähnt sind hierbei die Parameter Hämoglobin, Hämatokrit, MCH und MCV typischerweise vermindert. Des Weiteren zeigen sich im Eisenstatus das Serumferritin, Serumeisen und die Transferrinsättigung erniedrigt, während das Serumtransferrin und die löslichen Transferrinrezeptoren erhöht sind (12, 38).

Ziel der Diagnostik ist es allerdings, die Ursache des Eisenmangels zu ermitteln. Anamnestisch kann man zum Beispiel Blutungsunregelmäßigkeiten bei menstruierenden Frauen erfragen, aber auch Fragen nach Teerstuhl oder vegetarischer Ernährung können bei der Ursachenfindung helfen. Darüber hinaus ermöglicht eine körperliche Untersuchung inklusive einer digital rektalen Untersuchung eventuell vorhandene Blutungszeichen zu erkennen. Bei Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung kann man mit einem iFOB-Test den Stuhl auf okkultes Blut testen oder Untersuchungen wie eine Ösophagogastroduodenoskopie, Ileokoloskopie oder Kapselendoskopie durchführen (12).

3.5.2.5. Therapie

Die Therapie der Eisenmangelanämie besteht aus der Identifikation der Grunderkrankung und deren Behandlung. Zudem sollte gleichzeitig eine Eisensubstitution erfolgen, welche meist oral durchgeführt wird, aber auch parenteral möglich ist (12).

3.5.3. Morbus Crohn

Bei Morbus Crohn handelt es sich um eine chronisch entzündliche Darmerkrankung. Hierbei liegt eine meist schubweise auftretende granulomatöse Entzündung vor, welche alle Wandschichten des Darms umfasst und im gesamten Gastrointestinaltrakt vorkommen kann (12).

3.5.3.1. Epidemiologie

Die Inzidenz der Erkrankung liegt in Österreich bei etwa 6/100.000/Jahr, wobei Frauen und Männer gleich häufig betroffen sind (39). Es gibt zwei Manifestationsgipfel: Der erste liegt zwischen dem 20. und dem 40. Lebensjahr, der zweite um das 60. Lebensjahr. Geografisch lässt sich ein Nord-Süd-Gefälle beobachten, da Morbus Crohn in Nordamerika sowie in Nord- und Mitteleuropa häufiger vorkommt als in südlichen Ländern (12). Für diese regionalen Unterschiede werden verschiedene Erklärungsansätze diskutiert. Zum einen gibt es die Hygiene-Hypothese, die besagt, dass eine verminderte mikrobielle Belastung in der frühen Kindheit bei hohen Hygienestandards in industrialisierten Ländern das Risiko für immunvermittelte Erkrankungen wie Morbus Crohn erhöht (40). Zum anderen werden auch westliche Ernährungsmuster mit der Entwicklung von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen in Verbindung gebracht (41).

3.5.3.2. Ätiologie

Die Ätiologie ist unbekannt, jedoch wird ein multifaktorielles Geschehen vermutet, bei dem genetische Faktoren, virale und/oder bakterielle Infektionen, Umwelteinflüsse, immunologische und psychosomatische Faktoren zusammenspielen (12).

3.5.3.3. Klinik

Die Symptomatik ist stark abhängig von der Lokalisation. Da Morbus Crohn im gesamten Verdauungstrakt auftreten kann, gibt es Manifestationen von der Mundhöhle bis zum Anus. Meist kommt es bei dieser Erkrankung zu einem diskontinuierlichen, segmentalen Befall, wobei am häufigsten das terminale Ileum und das Kolon betroffen sind (12). Das Leitsymptom von Morbus Crohn ist die unblutige Diarrhoe. Es kommt jedoch auch häufig zu uncharakteristischen Abdominalschmerzen, Flatulenz, Gewichtsverlust und Fieber (12).

3.5.3.4. Diagnostik

Die Diagnose wird meist anhand der Klinik, Laboruntersuchungen sowie endoskopischen und histologischen Untersuchungen gestellt. Bei der körperlichen Untersuchung geben vor allem die Abdomenpalpation und die digital rektale Untersuchung Hinweise für einen Morbus Crohn. Bei der Palpation des Abdomens achtet man vor allem auf Schmerzen und Resistenzen im rechten Unterbauch, während bei der digital rektalen Untersuchung eventuell Hinweise für Fissuren oder Fistelbildungen gefunden werden können. Die Laboruntersuchungen bestehen aus einer Stuhl- und Blutuntersuchung sowie einer Serologie. Im Stuhl beurteilt man als Entzündungsmarker das Calprotectin. Im Blut kann ein akuter Schub durch eine Leukozytose sowie durch eine Erhöhung der Entzündungsparameter BSG (Blutsenkungsgeschwindigkeit) und CRP festgestellt werden. In der serologischen Untersuchung können bei vielen Betroffenen Anti-Saccharomyces-cerevisiae-Antikörper (ASCA) gefunden werden. Bildgebende Verfahren wie die Sonographie oder das Magnetresonanztomographie (MRT)-Enteroklysma können mögliche Wandverdickungen, Abszesse, Fisteln und Stenosen darstellen. Da bei Morbus Crohn der gesamte Gastrointestinaltrakt befallen sein kann, erfolgt meist eine Ösophagogastroduodenoskopie, Ileokoloskopie und eine MR-Enterographie oder Kapselendoskopie, um alle Abschnitte einsehen zu können. Im Rahmen der Endoskopien werden zusätzlich Biopsien entnommen, um die Darmschleimhaut auf histologische Veränderungen zu untersuchen (12).

3.5.3.5. Therapie

Die Wahl der medikamentösen Therapie richtet sich vor allem nach dem Schweregrad der Erkrankung. Zusätzlich kann zwischen einer Induktions- und Erhaltungstherapie unterschieden werden. Die Induktionstherapie ist bei einem akuten Schub zur klinischen Remission indiziert, während die Erhaltungstherapie über mehrere Jahre andauert und der langfristigen Kontrolle der Erkrankung sowie der Vermeidung von Rezidiven dient (12, 42).

Bei mild bis moderat aktivem Verlauf und vorwiegend ileozökalem Befall wird Budesonid empfohlen, während systemische Kortikosteroide bei mittelschweren bis schweren Verläufen als Induktionstherapie zum Einsatz kommen können (12, 42).

Bei mittelschwerer bis schwerer Krankheitsaktivität wird jedoch zunehmend der Einsatz von Biologika als Induktions- und Erhaltungstherapie empfohlen. Hierzu zählen unter anderem Tumornekrosefaktor- α -Inhibitoren (zum Beispiel Infliximab oder Adalimumab), Integrin-Inhibitoren wie Vedolizumab oder Interleukin-Inhibitoren wie Ustekinumab (42).

(42).

Des Weiteren ist die Gabe von Immunmodulatoren möglich. Beispielsweise kann Methotrexat als Induktions- und Erhaltungstherapie verabreicht werden, oder eine Thiopurin-Monotherapie (z.B. Azathioprin) als Erhaltungstherapie erfolgen. Thiopurin kann allerdings auch als Kombinationstherapie mit Biologika erwogen werden (42).

Da es bei Morbus Crohn häufig zu Rezidiven nach chirurgischen Eingriffen kommt, wird auf „minimal surgery“ Wert gelegt. Das bedeutet, dass die Indikation zur operativen Versorgung zurückhaltend gestellt wird und möglichst organerhaltend vorgegangen wird (12). Patientinnen und Patienten mit einem isolierten ileozökalem Befall können jedoch von einer frühzeitigen Ileozökalresektion profitieren (43).

Eine chirurgische Therapie ist jedenfalls indiziert bei einer Perforation, schweren Blutungen oder einem akuten Ileus. Relative Indikationen sind die Behandlung von Abszessen, Fisteln oder Stenosen (12).

3.5.3.6. Komplikationen

Bei Morbus Crohn gibt es intestinale und extraintestinale Komplikationen. Zu den intestinalen Komplikationen zählen Fisteln, Abszesse und Strikturen. Extraintestinale Komplikationen kommen bei bis zu 80 % vor (12). Hierbei können Augen, Haut, Gelenke, Lunge sowie Leber und Gallengänge betroffen sein. Beispiele der extraintestinalen Manifestationen sind in Tabelle 5 ersichtlich.

Mögliche extraintestinale Manifestationen bei Morbus Crohn

Organ	Manifestationen
Haut, Mundschleimhaut	Erythema nodosum, Aphthen, Pyoderma gangränosum
Gelenke	Arthritis, ankylosierende Spondylitis, Sakroileitis
Leber und Gallenwege	Primär sklerosierende Cholangitis, Fettleber
Augen	Konjunktivitis, Iridozyklitis, Episkleritis, Chorioiditis
Lunge	interstitielle Lungenerkrankung, chronische Bronchitis
sonstige	Myositis, Glomerulonephritis, Perikarditis, Vaskulitis

Tabelle 5: Beispiele der extraintestinalen Manifestationen bei Morbus Crohn (12)

3.5.4. Zöliakie

Hierbei handelt es sich um eine Autoimmunerkrankung, bei der eine allergische Reaktion gegen Glutenbestandteile zur Schädigung der Dünndarmmukosa führt, woraufhin es zur Zottenatrophie und in weiterer Folge zu einem konsekutiven Malabsorptionssyndrom kommt (12).

3.5.4.1. Epidemiologie

Diese Autoimmunenteropathie kommt gehäuft im nordeuropäischen Raum vor und hat eine Prävalenz von 1 : 300 bis 1 : 3000. Die Zöliakie kommt häufiger bei Frauen als bei Männern vor und besitzt einen Manifestationsgipfel zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr (12).

3.5.4.2. Ätiologie und Pathogenese

Es lässt sich bei der Zöliakie ein Zusammenwirken genetischer Faktoren mit Umweltfaktoren nachweisen. 95 % der Betroffenen sind Träger der HLA-Antigene DQ2 und DQ8. Durch die fehlerhafte Immunantwort gegen Prolamine, wie beispielsweise Gliadin in Weizen oder Secalin in Roggen, kommt es zur allergischen Reaktion auf glutenhaltige Nahrungsmittel. In weiterer Folge kommt es bei dieser Erkrankung zur Bildung von Autoantikörpern gegen das körpereigene Enzym Gewebstransglutaminase (tTG) und das Endomysium (12).

3.5.4.3. Klinik

Die Zöliakie lässt sich in eine klassische und eine atypische Form unterteilen. Während bei der klassischen Form hauptsächlich gastrointestinale Symptome, wie zum Beispiel Diarrhoe, Meteorismus, Übelkeit, Erbrechen, Inappetenz und Gewichtsverlust im Vordergrund stehen, beschreibt die atypische Form eine mono- oder oligosymptomatische Form ohne gastrointestinale Symptome. Die atypische Form kann beispielsweise manifestiert sein durch Eisenmangelanämie, Dermatitis, Transaminasenerhöhung, neurologische Symptomatik, Osteomalazie, Kleinwuchs, Amenorrhoe oder verspätete Pubertät (12).

3.5.4.4. Diagnostik

Zunächst wird das Vorliegen von Gewebetransglutaminase-Antikörpern (tTG-IgA-AK) und Endomysium-Antikörpern (EmA-IgA-AK) laborchemisch untersucht. Hierfür wird auch der Gesamt-IgA-Spiegel bestimmt, um einen IgA-Mangel auszuschließen. Sollte so ein Mangel vorliegen, kann man stattdessen die IgG-Antikörper bestimmen (tTG-IgG-AK und EmA-IgG-AK). Für eine gesicherte Diagnose benötigt man zudem eine Dünndarmbiopsie, bei der sechs Proben aus mehreren Abschnitten des Duodenums entnommen werden und nach den Marsh-Oberhuber-Kriterien (Tabelle 6) beurteilt werden (12, 44). Aufgrund der Möglichkeit der „Patchy celiac disease“ ist es wichtig, bei der Biopsie sowohl Gewebeproben des distalen Duodenums als auch des Bulbus duodeni zu entnehmen, da sich bei dieser Sonderform der Erkrankung die Duodenalschleimhaut weitgehend unauffällig zeigt (45). Die Durchführung einer Kapselendoskopie wird bei einer therapierefraktären Zöliakie oder bei dem Verdacht auf ein Enteropathie-assoziiertes T-Zelllymphom empfohlen (44).

Marsh-Oberhuber-Klassifikation bei Zöliakie

Typ 0 – 3C	Charakteristika
Typ 0	≤ 25 intraepitheliale Lymphozyten (IEL)/100 Epithelien
Typ 1	> 25 IEL/100 Epithelien
Typ 2	Typ 1 + Kryptenhyperplasie
Typ 3A	Typ 2 + geringe bis mäßige Zottenatrophie
Typ 3B	Typ 2 + subtotale Zottenatrophie
Typ 3C	Typ 2 + totale Zottenatrophie

Tabelle 6: Marsh-Oberhuber-Klassifikation bei Zöliakie (44)

3.5.4.5. Therapie

Die Therapie der Zöliakie besteht aus einer glutenfreien Diät (12).

3.5.4.6. Komplikationen

Aufgrund der gestörten Dünndarmfunktion und der dadurch gestörten Aufnahme von Nahrungsbestandteilen, können Folgeerkrankungen wie beispielsweise Eisenmangelanämie durch eine zu geringe Eisenaufnahme, Osteomalazie durch zu wenig Vitamin D, makrozytäre Anämie durch Vitamin B12 Mangel oder Blutungsneigung durch den Mangel an Vitamin K auftreten. Es kann nach einem langjährigen Verlauf aber auch zu malignen Erkrankungen wie zum Beispiel dem Enteropathie-assoziierten T-Zell-Lymphom kommen (12).

3.5.1. Dünndarmtumoren

3.5.1.1. Epidemiologie

Lediglich 1 - 5 % aller Tumoren des Gastrointestinaltrakts betreffen den Dünndarm. Die Inzidenz von Dünndarmtumoren beträgt bezogen auf die Gesamtbevölkerung 0,1 - 0,8 % (46).

3.5.1.2. Ätiologie/Einteilung

Benigne Tumoren können unter anderem als Adenome, Leiomyome oder Lipome auftreten. Sie können jedoch auch genetisch bedingt im Rahmen des Peutz-Jeghers-Syndroms (siehe Punkt 3.5.2.) vorkommen. Maligne Dünndarmtumoren sind meist Adenokarzinome, Leiomyosarkome, neuroendokrine Tumoren oder Lymphome (12, 46).

3.5.1.3. Klinik

90 % der Dünndarmtumoren bleiben asymptomatisch. Treten Symptome auf, sind diese oft unspezifisch. Bei 40-70 % der symptomatischen Patientinnen und Patienten kommt es zu einem inkompletten oder kompletten Darmverschluss, meist infolge einer Invagination. Bei 20-50 % können Blutungen vorkommen, welche meist okkult bleiben und sich beispielsweise als Anämie äußern können. Diese Symptome treten vor allem bei malignen Tumoren auf (46).

3.5.1.4. Diagnostik

Bei der Diagnose handelt es sich meist um einen Zufallsbefund, da die Symptomatik wie erwähnt oft unspezifisch ist und selten ein konkreter Verdacht auf einen Dünndarmtumor besteht. Unter anderem können eine selektive Darmpassage, eine Computertomographie oder eine Kapselendoskopie zur Diagnosesicherung eingesetzt werden. Zum Tumorstaging kann auch auf eine Laparoskopie zurückgegriffen werden (46).

3.5.1.5. Therapie

Sowohl benigne als auch maligne Tumoren werden chirurgisch behandelt, wo die Resektion des betroffenen Darmanteils erfolgt. Bei malignen Tumoren strebt man eine R₀-Resektion an (46).

3.5.2. Peutz-Jeghers-Syndrom

Das Peutz-Jeghers-Syndrom ist eine erbliche Erkrankung, bei der es neben einer gastrointestinalen Polyposis zur Pigmentierung der Kutis und Mukosa kommt (46).

3.5.2.1. Epidemiologie

Von diesem Syndrom sind 1 : 25.000 bis 1 : 250.000 Neugeborene betroffen (47).

3.5.2.2. Ätiologie

Die Erkrankung entsteht durch Deletionen und Mutationen im STK11-Gen, welche autosomal-dominant vererbt werden. In etwa 50 % der Fälle handelt es sich jedoch um Neumutationen (47).

3.5.2.3. Klinik

Bei diesem Syndrom kommt es zu Melaninablagerungen perianal, genital, an den Händen und Füßen sowie im Gesicht. Im Gesicht präsentiert sich das Peutz-Jeghers-Syndrom als Pigmentablagerungen an Mund, Wangenschleimhaut, Nase und Lippen (46).

Neben der Pigmentierung steht die gastrointestinale Polyposis im Vordergrund. Demnach lassen sich Hamartome im Magen, im Dünndarm und im Kolon finden, wobei sie bevorzugt im Dünndarm auftreten. Bei Hamartomen handelt es sich um benigne Tumoren, die bei einer Größenzunahme symptomatisch werden können. In diesem Fall kann es zu Blutungen, Invagination oder zur intestinalen Obstruktion kommen (46).

Darüber hinaus gibt es extraintestinale Manifestationen, die als Polypen in der Nase, den Bronchien, der Harnblase, der Gallenblase oder den Gallengängen vorkommen können. Bei 5 - 12 % der Frauen können auch Ovarialzysten oder Ovarialtumoren auftreten, während bei Männern Hodentumoren als extraintestinale Manifestation beobachtet werden.

3.5.2.4. Diagnostik

Endoskopische Untersuchungen sowie die selektive Darmpassage können sowohl zur Diagnosestellung als auch zur Verlaufskontrolle eingesetzt werden. Zudem wird eine Untersuchung der Genitalien bei Frauen und Männern empfohlen (46).

3.5.2.5. Therapie

Weisen Patientinnen oder Patienten eine Klinik auf, die auf eine Obstruktion oder Invagination hinweisen, erfolgt eine lokale chirurgische Entfernung jener Polypen, die für die Symptomatik verantwortlich sind. Eine Resektion von Darmabschnitten wird aufgrund der Multiplizität der Hamartome nicht empfohlen (46).

3.5.2.6. Komplikationen

In den Hamartomen können sich adenomatöse Schleimhautinseln bilden, die anschließend zu intestinalen Karzinomen entarten können. Etwa die Hälfte der betroffenen Patientinnen und Patienten entwickeln mit etwa 50 Jahren intestinale oder extraintestinale Karzinome. Extraintestinale Karzinome können sich als Mammakarzinom, Pankreaskarzinom oder Karzinome der Gallengänge beziehungsweise der Gallenblase manifestieren (46).

3.5.3. Familiäre adenomatöse Polyposis (FAP)

Bei der familiären adenomatösen Polyposis handelt es sich um eine vererbte Erkrankung, bei der mehr als 100 Polypen im Kolon verstreut sind (12, 46). Bei 30-92 % der Betroffenen kommt es 10-20 Jahre nach der Entwicklung von Kolonpolypen zudem zu Duodenaladenomen, welche bei 1-5 % maligne entarten (48).

3.5.3.1. Epidemiologie

Die Häufigkeit der FAP liegt bei 1 : 8.000. Frauen und Männer sind gleich oft betroffen (12). Die hohe Anzahl an Polypen tritt meist um das 25. Lebensjahr auf (46).

3.5.3.2. Ätiologie

Patientinnen und Patienten, die von der FAP betroffen sind, tragen das sogenannte adenomatosis polyposis coli (APC)-Gen auf dem Chromosom 5q21. Dieses Gen wird autosomal dominant vererbt (12). Bei der FAP führt die Erkrankung zwangsläufig zur Entstehung eines Karzinoms. Dies erfolgt in der Regel etwa 20 Jahre früher als bei einem sporadischen Kolonkarzinom (46).

3.5.3.3. Klinik

Die Symptomatik äußert sich eher unspezifisch. Es kann zur Diarrhoe, zu Abdominalschmerzen, aber auch zu Blut- und Schleimabgängen kommen. Durchschnittlich werden die Polypen erst ab dem 40. Lebensjahr symptomatisch, wobei hier meist bereits ein Kolonkarzinom vorliegt (46). Bei der FAP können neben den Polypen auch extraintestinale Manifestationen auftreten. Je nach Manifestation spricht man dann vom Gardner-Syndrom oder Turcot-Syndrom. Beim Gardner-Syndrom können zusätzlich Epidermoidzysten und Osteome auftreten, während es beim Turcot-Syndrom zu Glioblastomen und Medulloblastomen kommen kann. Eine weitere extraintestinale Manifestation ist die kongenitale Hypertrophie des retinalen Pigmentepithels (CHRPE). Hierbei handelt es sich um einen harmlosen Befund, jedoch kann diese Manifestation zur Identifizierung betroffener Familienangehöriger herangezogen werden (12).

3.5.3.4. Diagnostik

Bei einer positiven Familienanamnese sollte ab dem 10. Lebensjahr eine genetische Diagnostik erfolgen. Wird das Vorhandensein des APC-Gens ausgeschlossen, sind keine besonderen Vorsorgeuntersuchungen notwendig. Wird das APC-Gen bei der genetischen Untersuchung jedoch nachgewiesen, wird die Durchführung einer Rektosigmoidoskopie empfohlen. Zeigen sich hier Adenome, sollte eine jährliche Koloskopie erfolgen (46). Da es bei der FAP häufig zur

Bildung von Duodenaladenomen kommt, sollte auch der obere Magen-Darm-Trakt nach Diagnosesicherung endoskopisch untersucht werden (12, 48).

3.5.3.5. Therapie

Die Therapie der FAP erfolgt primär chirurgisch. Je nach Alter der Betroffenen, Ausdehnung und Kontinenz stehen unterschiedliche Operationsmethoden zur Verfügung. Zum einen stellt die totale Kolektomie mit einer Proktomukosektomie und der Anlage eines ileoanalen Reservoirs eine Option dar, zum anderen ist eine subtotalale Kolektomie mit einer ileorektalen Anastomose möglich. Bei jüngeren Patientinnen und Patienten wird in der Regel eine totale Kolektomie durchgeführt, da bei der subtotalen Kolektomie nach wie vor ein Risiko von 10% für die Entwicklung eines Rektumkarzinoms bestehen bleibt (46).

4. Methodik

4.1. Studiendesign

Diese Studie ist eine retrospektive Datenanalyse, in der die Daten durchgeführter Kapselendoskopien am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern analysiert wurden. Für die Studie wurde der Zeitraum 01.01.2020 bis 31.12.2023 festgelegt. Insgesamt wurden im festgelegten Zeitraum 314 Kapselendoskopien durchgeführt. Für eine aussagekräftige Studie wurde eine Fallzahl von 300 konsekutiven Kapselendoskopien angestrebt. Bei Personen, die zwei oder mehr Kapselendoskopien in diesem Zeitraum erhalten haben, wurde die am weitesten zurückliegende Untersuchung für diese Studie herangezogen, was zum Wegfall von 21 durchgeführten Kapselendoskopien führte. Letztendlich wurden Kapselendoskopie-Befunde, ärztliche Entlassungsbriefe, Ambulanzberichte sowie Laboreinträge von 293 Patientinnen und Patienten erhoben.

4.2. Datenmanagement

Für die Datenerhebung wurde das Programm Microsoft Excel verwendet. Die eingeschlossenen Patientinnen und Patienten wurden mit einer fortlaufenden Nummer pseudonymisiert und geordnet. Vertrauliche Daten, die Rückschlüsse auf die Identität der teilnehmenden Patientinnen und Patienten zulassen, waren ausschließlich autorisierten Personen zugänglich.

4.3. Patientenkollektiv

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Studie waren Patientinnen und Patienten des Ordensklinikums Linz Barmherzige Schwestern. Eingeschlossen wurden Personen, die im Zeitraum von 2020 bis 2023 eine Untersuchung mittels Videokapsel am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern erhalten haben. Pro teilnehmende Person wurde nur eine Kapselendoskopie in dieser Studie analysiert. Ausschlusskriterien waren für diese Studie nicht relevant.

4.4. Zielgrößen

4.4.1. Vorrangige Zielgrößen

- Art der Indikation
 - Verdacht auf gastrointestinale Blutung
 - unklare Eisenmangelanämie
 - Verdacht auf Morbus Crohn
 - Verdacht auf oder Überwachung von familiärer adenomatöser Polyposis
 - Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom
 - Verdacht auf Dünndarmtumor
 - Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie
 - Sonstige
- Beurteilbarkeit [sehr gut / gut / ausreichend / eingeschränkt / nicht möglich]
- Erkennung der gestellten Indikation [ja / nein]
- Dünndarmpassagezeit [min]
- Komplettierung [ja / nein]
- Komplikationen [ja / nein]

Als Komplikation wurde für diese Studie die Kapselretention definiert.

4.4.2. Weitere Zielgrößen

- Erkennung von einem oder mehreren Nebebefunden [ja / nein]
- Bei Verdacht auf gastrointestinale Blutung:
 - Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention [g/dl]
 - Art der Blutung [okkulte Blutung / Hämatochezie / Meläna / Hämatemesis]
 - Blutungsursache [Angiodysplasien / Erosion / Ulcus / Sonstige / unbekannt]
- Bei der unklaren Eisenmangelanämie:
 - Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention [g/dl]
- Bei Verdacht auf Morbus Crohn:
 - Calprotectin unmittelbar vor der Intervention [$< 50 \mu\text{g/g}$ / $> 50 \mu\text{g/g}$]

4.4.3. Sonstige Parameter

- Alter [Jahre]
- Geschlecht [männlich / weiblich]
- Body-Mass-Index (BMI) [kg/m^2]
- Intervall ab frühester Kapselendoskopie [Tage]
- Bei den Indikationen „Verdacht auf oder Überwachung von familiärer adenomatöser Polyposis“, „Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom“ und „Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie“
 - Ausgangslage [Verdacht / Überwachung]

4.5. Statistisches Verfahren

Die erhobenen Daten wurden tabelliert, wobei sowohl die beobachteten als auch die fehlenden oder unplausiblen Werte (jeweils als „Missing Values“ eingestuft) angegeben wurden. Nominalskalierte Daten werden als absolute und relative Häufigkeiten dargestellt. Für diese Variablen wurden zweiseitige 95%-Konfidenzintervalle nach Clopper-Pearson ausgewertet.

Metrische Variablen werden anhand von Minimum („Min“), Maximum („Max“), Mittelwert („MW“), Median, 1. Quartil („Q1“), 3. Quartil („Q3“), Standardabweichung („Std.-Abw.“) und die Anzahl der ausgewerteten Daten („n“) dargestellt. Mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors ($\alpha = 10 \%$) wurden alle metrischen Variablen auf Normalverteilung überprüft. Da die Mehrheit der Variablen keine Normalverteilung aufwies, wurden für alle metrischen Variablen einheitlich nichtparametrische zweiseitige 95%-Konfidenzintervalle berechnet.

Um einen möglichen Einfluss der Variablen BMI, Alter, Intervall ab frühester Kapselendoskopie, Geschlecht und Indikation (nur für das Gesamtkollektiv) auf die Beurteilbarkeit zu untersuchen, wurden logistische Regressionsanalysen durchgeführt. Hierfür wurde die Beurteilbarkeit dichotomisiert in [sehr gut + gut + ausreichend] und [eingeschränkt + nicht möglich].

Korrelationen zwischen dem Intervall ab frühester Kapselendoskopie und der Beurteilbarkeit wurden anhand von Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten überprüft.

Die Ergebnisse der schließenden Statistik sind rein deskriptiv, da keine Adjustierung des Alphafehlerniveaus für multiples Testen erfolgt. Für die Auswertung wurde die Open-Source-Software R, Version 4.3.1 (The R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) verwendet.

Die erwähnten statistischen Analysen wurden sowohl im Gesamtkollektiv als auch in drei Subkollektiven angewandt. Die Subkollektive wurden erstellt, um die erhobenen Parameter nochmals spezifisch für die jeweiligen Indikationen zu analysieren. Dafür wurde eine Mindestanzahl von 20 durchgeführten Kapselendoskopien festgelegt, die drei der sieben Indikationen erfüllen. Somit wurden alle Parameter nochmals in den Subkollektiven „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“, „unklare Eisenmangelanämie“ und „Verdacht auf Morbus Crohn“ analysiert.

4.6. Nutzen-Risiko-Bewertung

Bei der Studie handelt es sich um eine retrospektive Datenanalyse. Aus diesem Grund widerfuhr den teilnehmenden Patientinnen und Patienten weder ein Schaden noch ein Nutzen.

4.7. Ethikkommission

Die Studie wurde der Ethikkommission der Johannes Kepler Universität Linz vor der Durchführung vorgestellt und von dieser genehmigt.

5. Ergebnisse der deskriptiven Analyse

Nominalskalierte Daten werden grafisch, metrische Daten tabellarisch dargestellt. Beginnen wird die Ergebnisdarstellung mit allgemeinen, demographischen Daten (Geschlecht, Alter und BMI) der Patientinnen und Patienten.

In der Darstellung des Gesamtkollektivs folgt im Anschluss die Aufteilung der Indikationen und der Bestimmung der Ausgangslage bei den Indikationen „Verdacht auf oder Überwachung von familiärer adenomatöser Polyposis“, „Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom“ und „Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie“. Jeweils im Gesamtkollektiv und in den Subkollektiven werden anschließend die Ergebnisse der Beurteilbarkeit, der Erkennung der jeweiligen Indikation, der Dünndarmpassagezeit (in der tabellarischen Darstellung als „DPZ“ abgekürzt), der Komplettierung, der Komplikationen und der Nebenbefunde präsentiert. In den Subkollektiven werden dann je nach Indikation noch die Ergebnisse der Zielgrößen „Hämoglobin (Hb) unmittelbar vor der Intervention“, „Art der Blutung“ und „Calprotectin unmittelbar vor der Intervention“ dargestellt.

Abschließend werden die Ergebnisse der logistischen Regressionsanalysen und Spearmans Rangkorrelationskoeffizienten im Gesamtkollektiv und in den Subkollektiven präsentiert.

5.1. Gesamtkollektiv

5.1.1. Geschlecht

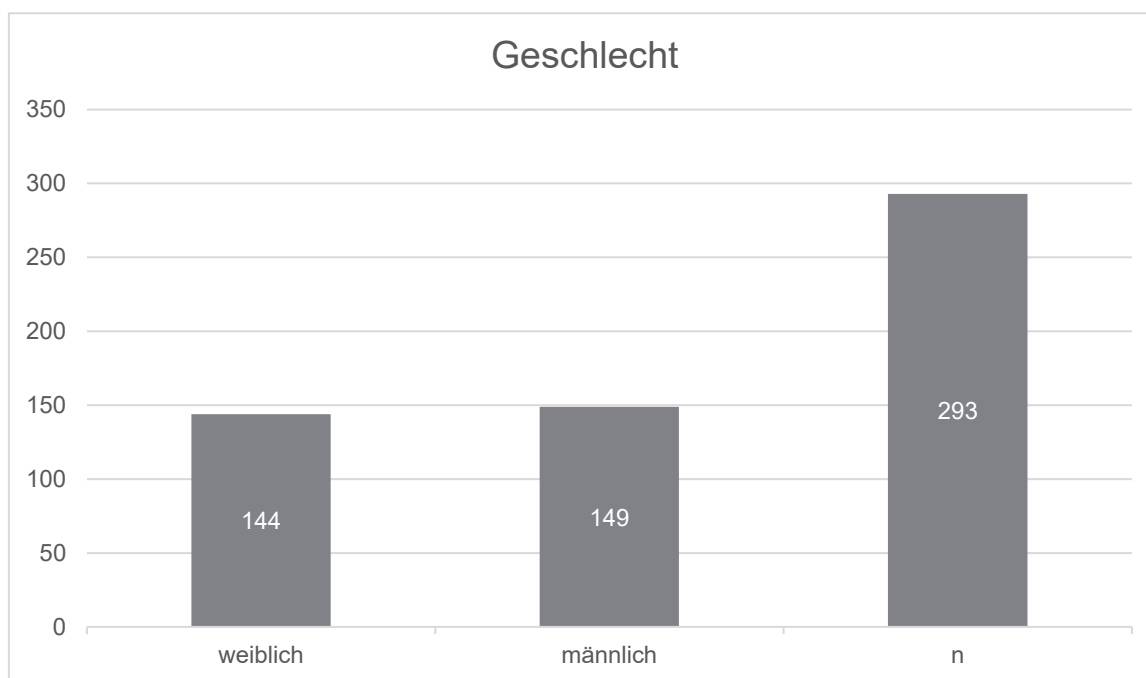


Abbildung 1: Geschlechterverteilung im Gesamtkollektiv

Von den 293 eingeschlossenen Personen waren 50,85 % männlich und 49,15 % weiblich.

5.1.2. Alter

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Alter (Jahre)	17,00	51,00	65,00	61,90	76,00	93,00	18,35	293

Tabelle 7: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Gesamtkollektiv

Die jüngste Teilnehmende Person war zum Zeitpunkt der Kapselendoskopie 17 Jahre alt, während die älteste Person 93 Jahre alt war. Das Durchschnittsalter der Patientinnen und Patienten liegt bei ungefähr 62 Jahren.

5.1.3. Body-Mass-Index (BMI)

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
BMI [kg/m ²]	14,20	22,62	25,43	26,76	29,52	82,41	7,03	272

Tabelle 8: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Gesamtkollektiv

Mit einem mittleren BMI von 26,76 kg/m² waren die teilnehmenden Patientinnen und Patienten im Durchschnitt leicht übergewichtig. Der maximale BMI von 82,41 kg/m² wurde bei einer 51-jährigen Patientin mit einer Körpergröße von 155 cm und einem Körpergewicht von 198 kg dokumentiert.

5.1.4. Indikation

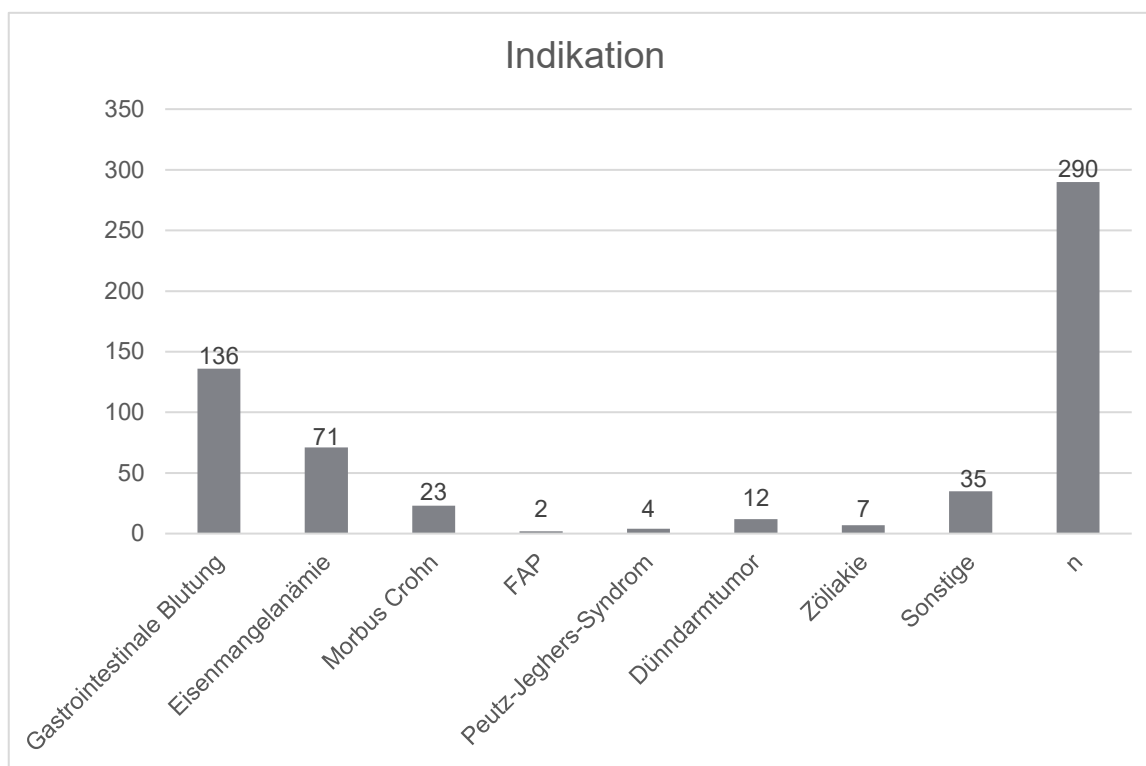


Abbildung 2: Verteilung der Indikationen im Gesamtkollektiv

In drei Fällen wurde die Indikation für die durchgeführte Kapselendoskopie nicht angegeben. Der Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung stellte mit 46,9 % die häufigste Indikation für eine Kapselendoskopie dar. Danach folgen die Indikationen „unklare Eisenmangelanämie“ mit 24,5 %, „Verdacht auf Morbus Crohn“ mit 7,9 % und „Verdacht auf Dünndarmtumor“ mit 4,1 %. Die drei Indikationen „Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie“ (2,4 %), „Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom“ (1,4 %) und „Verdacht auf oder Überwachung von FAP“ (0,7 %) machen zusammen nur einen geringen Prozentsatz aus. Unter „Sonstige“ wurden 35 Kapselendoskopien zusammengefasst, deren Indikationen entweder nicht klar definierbar waren (beispielsweise unklare abdominelle Beschwerden oder chronische Diarrhoe unklarer Genese) oder deren Indikation nur einmalig im Zeitraum der Studie beobachtet wurde (zum Beispiel Verdacht auf Roemheld-Syndrom).

5.1.5. Beurteilbarkeit

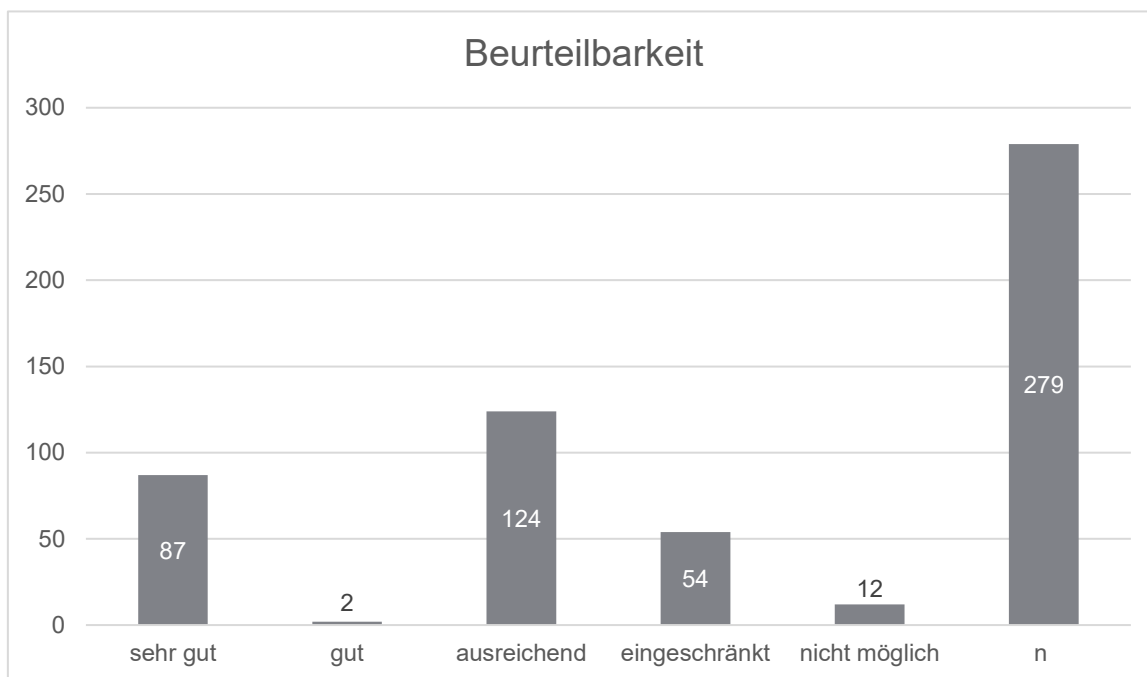


Abbildung 3: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Gesamtkollektiv

In 279 Fällen wurde die Beurteilbarkeit dokumentiert. 31,2 % der Kapselendoskopien hatten eine sehr gute Beurteilbarkeit. Bei 44,4 % war die Beurteilbarkeit ausreichend. In 19,4 % der Fälle war nur eine eingeschränkte Beurteilung möglich, während bei 4,3 % die Kapselendoskopie aufgrund diverser Faktoren nicht beurteilt werden konnte.

5.1.6. Ausgangslage

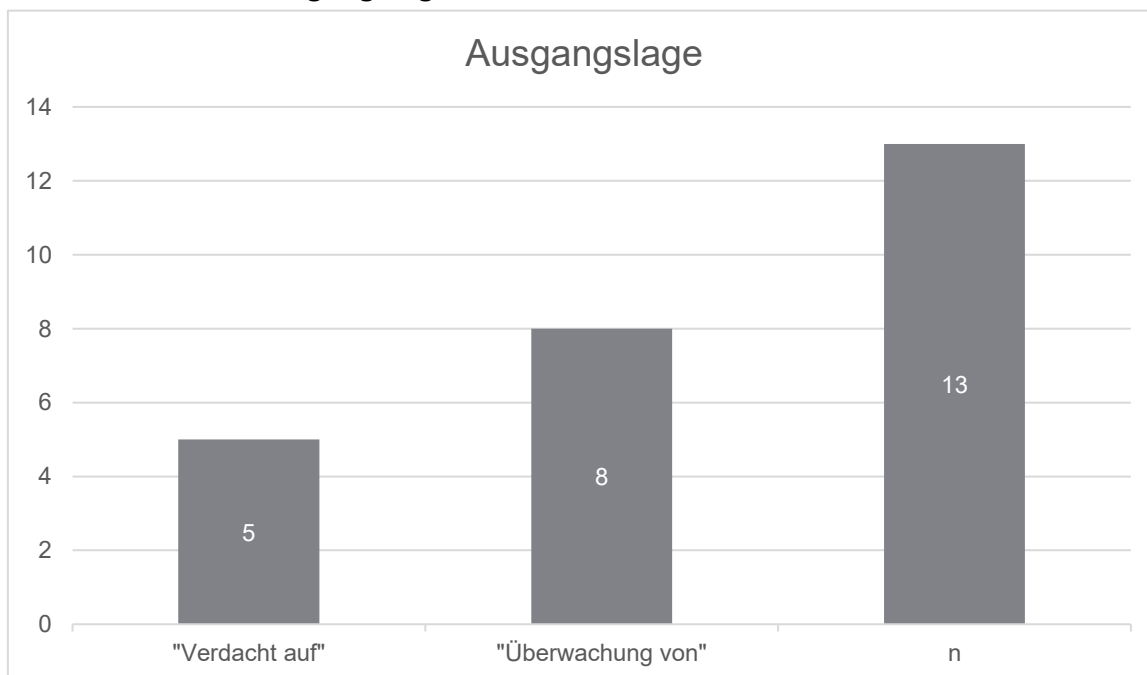


Abbildung 4: Ausgangslage der Indikationen FAP, Peutz-Jeghers-Syndrom und Zöliakie

Die Ausgangslage wurde bei den Indikationen „Verdacht auf oder Überwachung von FAP“, „Verdacht auf oder Überwachung von Peutz-Jeghers-Syndrom“ und „Verdacht auf oder Überwachung von Zöliakie“ untersucht. Bei der FAP (n = 2) lautete die Indikation in beiden

Fällen „Überwachung von“. Beim Peutz-Jeghers-Syndrom (n = 4) wurde die Indikation jeweils zweimal als „Verdacht auf“ und zweimal als „Überwachung von“ gestellt. Bei der Zöliakie (n = 7) wurde viermal „Überwachung von“ und dreimal „Verdacht auf“ als Ausgangslage dokumentiert.

5.1.7. Erkennung

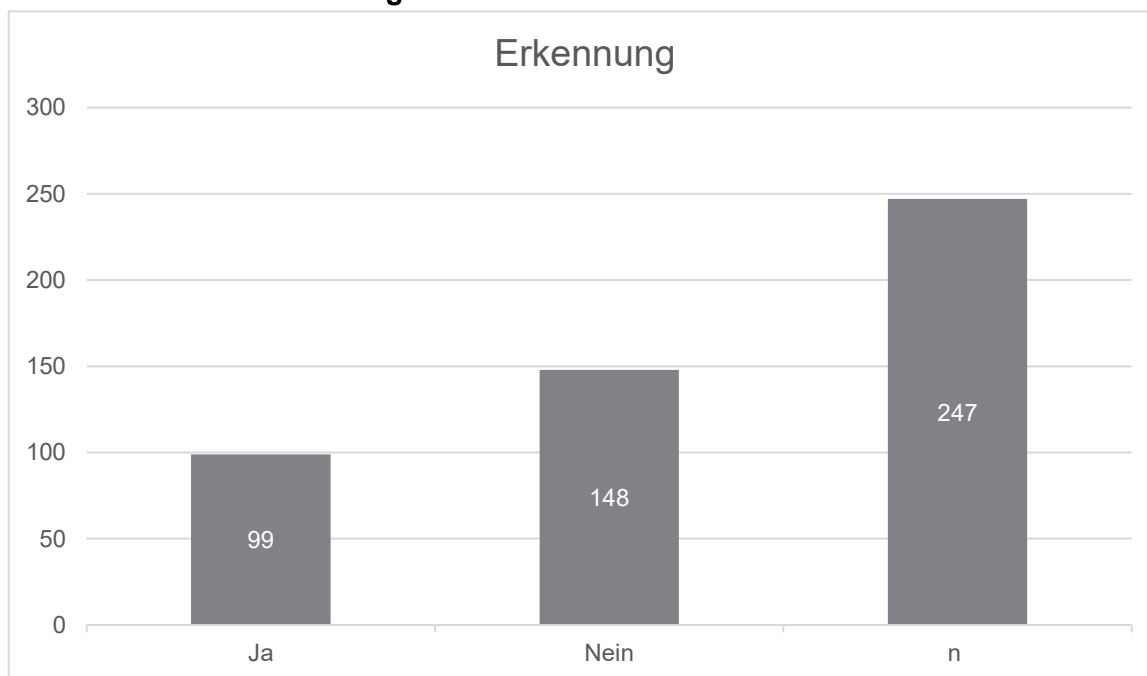


Abbildung 5: Ergebnisse der Erkennung im Gesamtkollektiv

Da in dieser Studie nur Läsionen als „erkannt“ gewertet wurden, die für die jeweilige Indikation relevant waren, wurde dieser Parameter bei der Indikation „Sonstige“ sowie bei der Ausgangslage „Überwachung von“ aufgrund fehlender Aussagekraft nicht untersucht. Dementsprechend betrug die diagnostische Ausbeute 40,1 % bei 247 Kapselendoskopien, während in 59,9 % der Fälle die gestellte Indikation nicht bestätigt werden konnte.

5.1.8. Dünndarmpassagezeit

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
DPZ [min]	16,00	206,00	267,50	279,57	336,00	779,00	113,85	202

Tabelle 9: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Gesamtkollektiv

Die kürzeste dokumentierte Dünndarmpassagezeit betrug 16 Minuten bei einer gesamten Durchlaufzeit von 48 Minuten (vom Kapselschluck bis zur Ankunft im Zökum). Die längste aufgezeichnete Dünndarmpassagezeit lag bei 12 Stunden und 59 Minuten. Im Durchschnitt betrug die Dünndarmpassagezeit etwa 4 Stunden und 40 Minuten.

5.1.9. Komplettierung

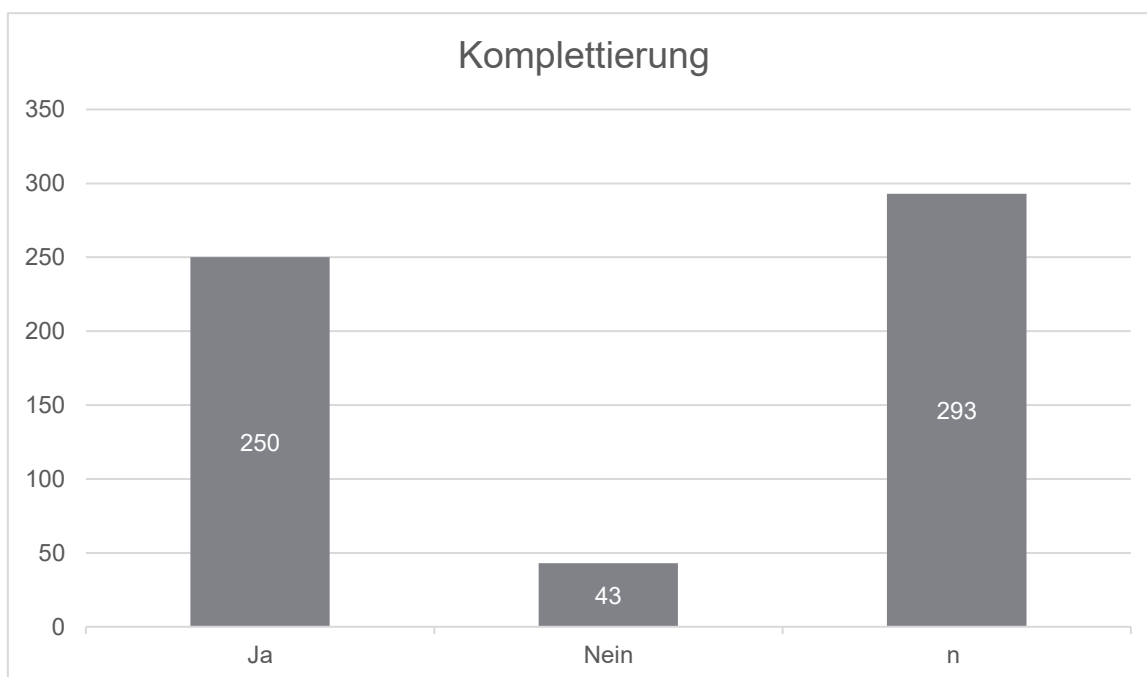


Abbildung 6: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Gesamtkollektiv

Bei 85,3 % aller analysierten Kapselendoskopien konnte eine vollständige Untersuchung durchgeführt werden. Eine Dünndarmkapselendoskopie galt als „komplett“, wenn anhand der Bilder festgestellt werden konnte, dass die Kapsel das Zökum erreicht hat und somit der gesamte Dünndarm eingesehen werden konnte. In 14,7 % der Fälle wurde die Kapselendoskopie als unvollständig gewertet.

5.1.10. Komplikationen

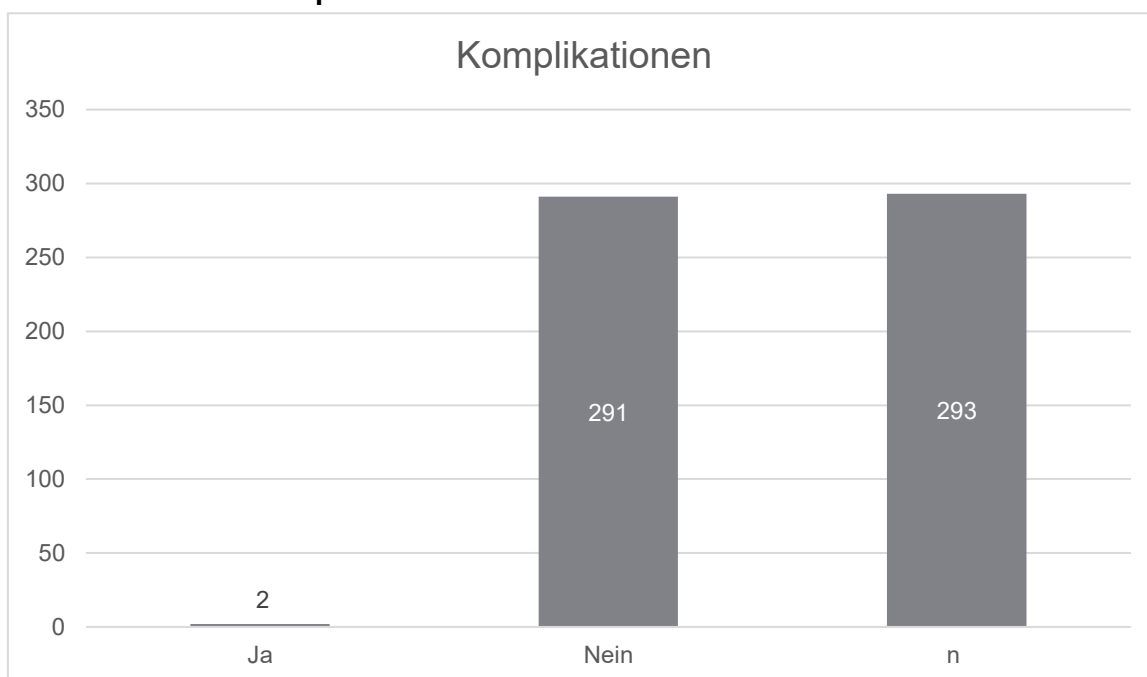


Abbildung 7: Anzahl der aufgetretenen Komplikationen im Gesamtkollektiv

In dieser Studie trat bei zwei Personen eine Kapselretention auf (0,7 %). Eine dieser Komplikationen wurde im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“ beobachtet und wird daher

im Punkt 5.4.5. behandelt. Die zweite Kapselretention betraf einen 63-jährigen Mann mit einem BMI von 22 kg/m², dessen Indikation für eine Kapselendoskopie der Gruppe „Sonstige“ zugeordnet wurde (Indikation: „rezidivierendes Erbrechen bei stark ausgeprägten abdominellen Beschwerden“). Als Grund für die Retention wurde eine Dünndarmstenose festgestellt. Der Versuch die steckengebliebene Kapsel mittels Enteroskopie zu bergen blieb erfolglos, weshalb es bei dem Patienten zu einer Dünndarmteilresektion kam, wo die Kapsel operativ entfernt werden konnte.

5.1.11. Nebenbefunde

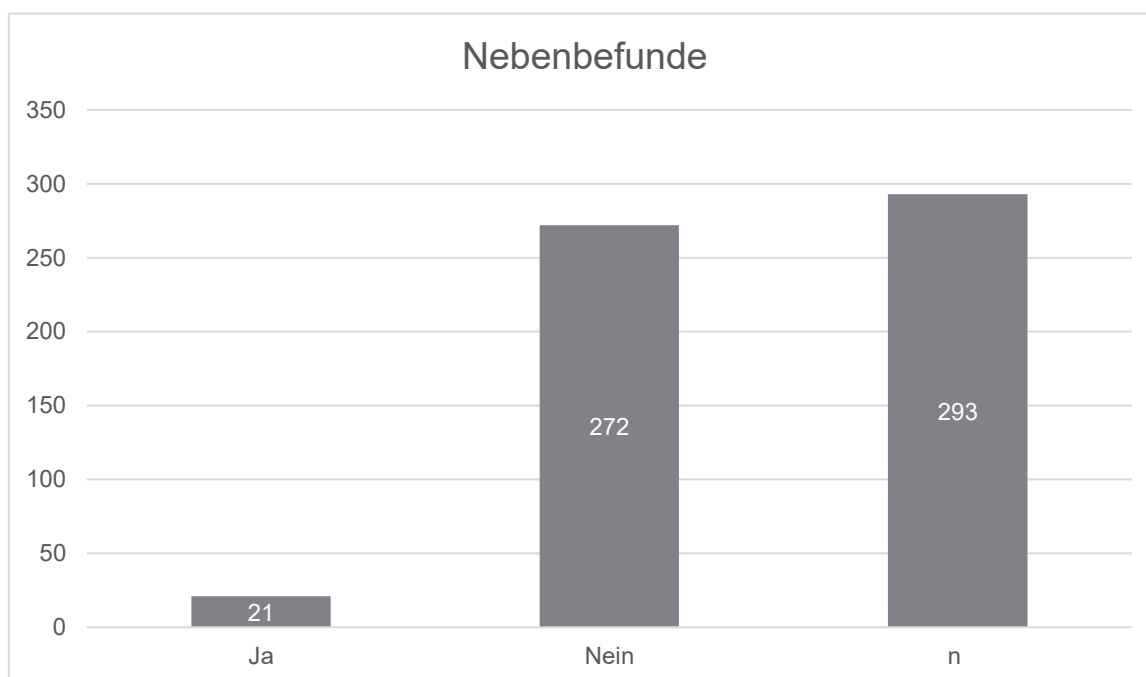


Abbildung 8: Dichotome Auswertung der Nebenbefunde im Gesamtkollektiv

Insgesamt konnte mittels Kapselendoskopie bei 21 Patientinnen und Patienten (7,2 %) eine Diagnose gestellt werden, die nicht der Indikation entsprach. Bei 92,8 % wurde kein Nebenbefund dokumentiert. Die festgestellten Nebenbefunde sowie ihre absoluten und relativen Häufigkeiten sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Nebenbefund	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (n = 293)
Lymphangiektasien	5	1,7 %
Aphthöse Läsionen	4	1,4 %
Angiodysplasien	4	1,4 %
Stenosen	3	1,0 %
Tumoren oder Polypen	2	0,7 %
Erosionen	2	0,7 %
Divertikel	1	0,4 %

Tabelle 10: Aufzählung der dokumentierten Nebenbefunde im Gesamtkollektiv

5.2. Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

5.2.1. Geschlecht

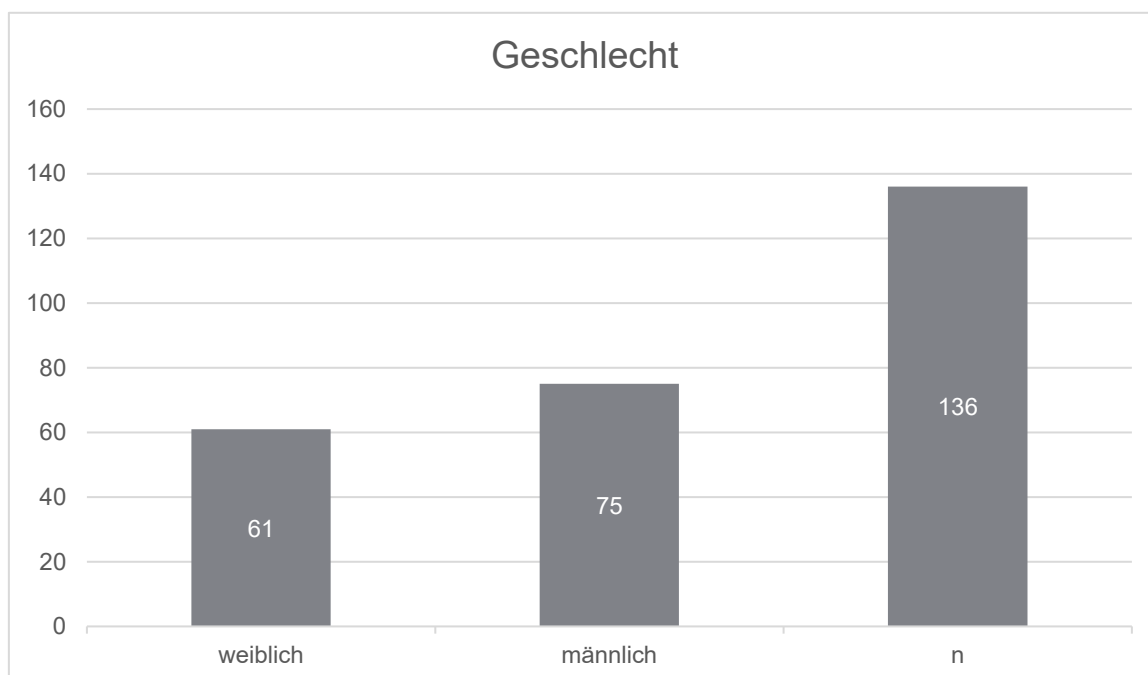


Abbildung 9: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Im Zeitraum dieser Studie wurden Kapselendoskopien bei Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung überwiegend bei Männern durchgeführt (55,1 %), während 44,9 % der untersuchten Personen Frauen waren.

5.2.2. Alter

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Alter (Jahre)	19,00	59,00	72,00	66,81	79,50	93,00	17,01	136

Tabelle 11: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Das Durchschnittsalter bei Patientinnen und Patienten, die aufgrund des Verdachts auf eine gastrointestinale Blutung eine Kapselendoskopie erhalten haben, liegt bei knapp 67 Jahren.

5.2.3. Body-Mass-Index (BMI)

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
BMI [kg/m ²]	15,62	23,37	25,73	27,33	29,64	82,41	7,78	124

Tabelle 12: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Personen in diesem Subkollektiv waren mit einem BMI von 27,33 kg/m² durchschnittlich übergewichtig.

5.2.4. Beurteilbarkeit

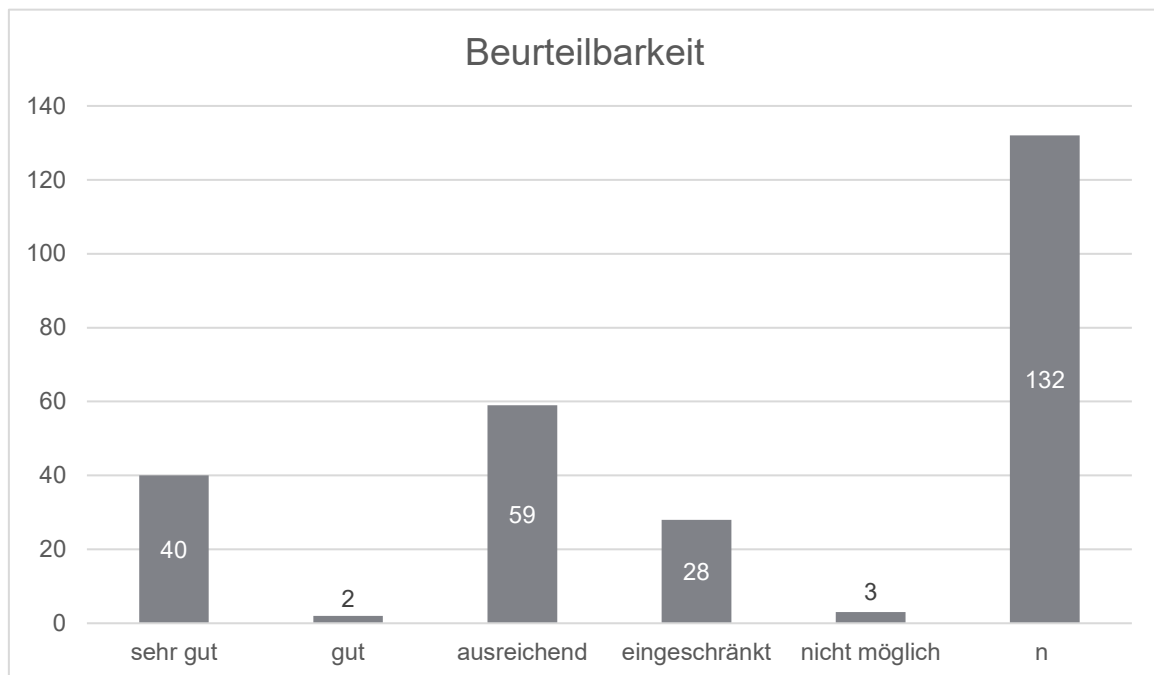


Abbildung 10: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

In 132 Fällen wurde die Beurteilbarkeit der Kapselendoskopie angegeben. Die Beurteilbarkeit wurde bei 30,3 % der Untersuchungen als „sehr gut“, bei 1,5 % als „gut“, bei 44,7 % als „ausreichend“ und bei 21,2 % als „eingeschränkt“ eingestuft. In 2,3 % der Fälle war eine Beurteilung nicht möglich.

5.2.5. Erkennung

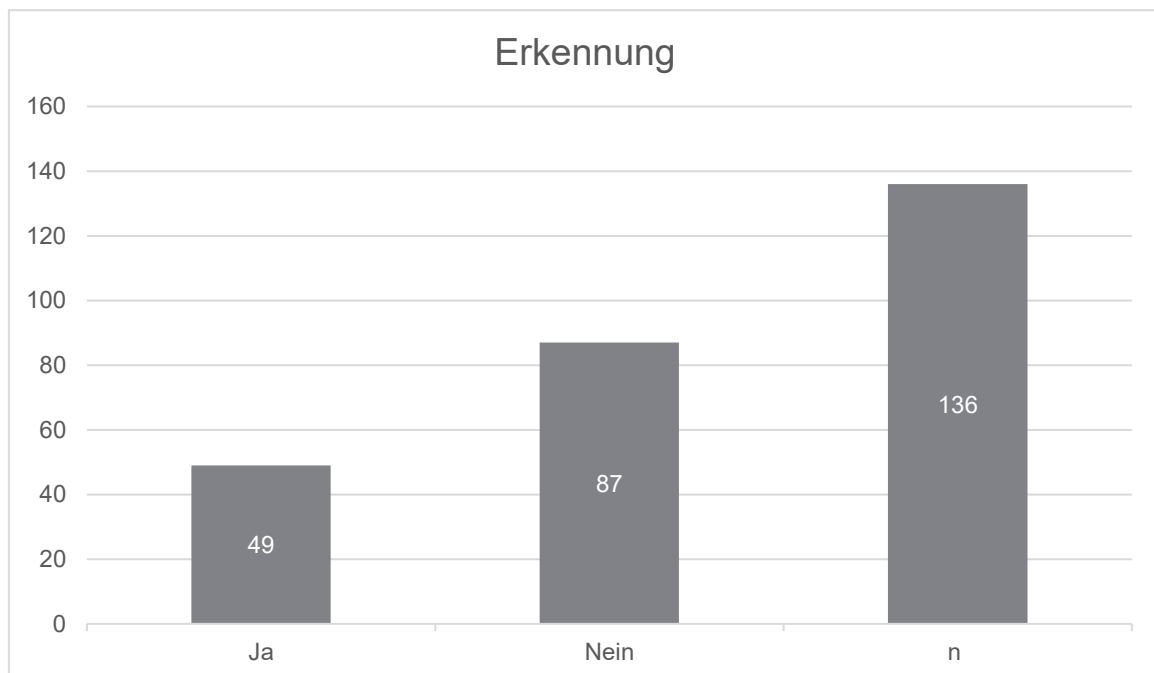


Abbildung 11: Anzahl der erkannten gastrointestinalen Blutungen

Bei 36 % der Patientinnen und Patienten konnte die Verdachtsdiagnose der gastrointestinalen Blutung durch eine Kapselendoskopie bestätigt werden.

Von den 49 erkannten Blutungsquellen wurden sechs im proximalen Duodenum und sechs im terminalen Ileum bzw. im Zökum lokalisiert. Diese zwölf Läsionen wären potenziell im Rahmen der vorangegangenen Ösophagogastroduodenoskopien oder Ileokoloskopien einsehbar gewesen.

5.2.6. Dünndarmpassagezeit

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
DPZ [min]	16,00	202,50	269,50	285,83	353,00	720,00	122,06	96

Tabelle 13: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Diese Variable konnte bei 96 Kapselendoskopien ausgewertet werden. Die mittlere Dünndarmpassagezeit bei Patientinnen und Patienten mit Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung betrug 4 Stunden und 46 Minuten. In diesem Subkollektiv wurde die kürzeste Dünndarmpassagezeit der Studie mit 16 Minuten dokumentiert. Die längste Passagezeit in dieser Gruppe betrug 12 Stunden, bis die Kapsel das Zökum erreichte.

5.2.7. Komplettierung

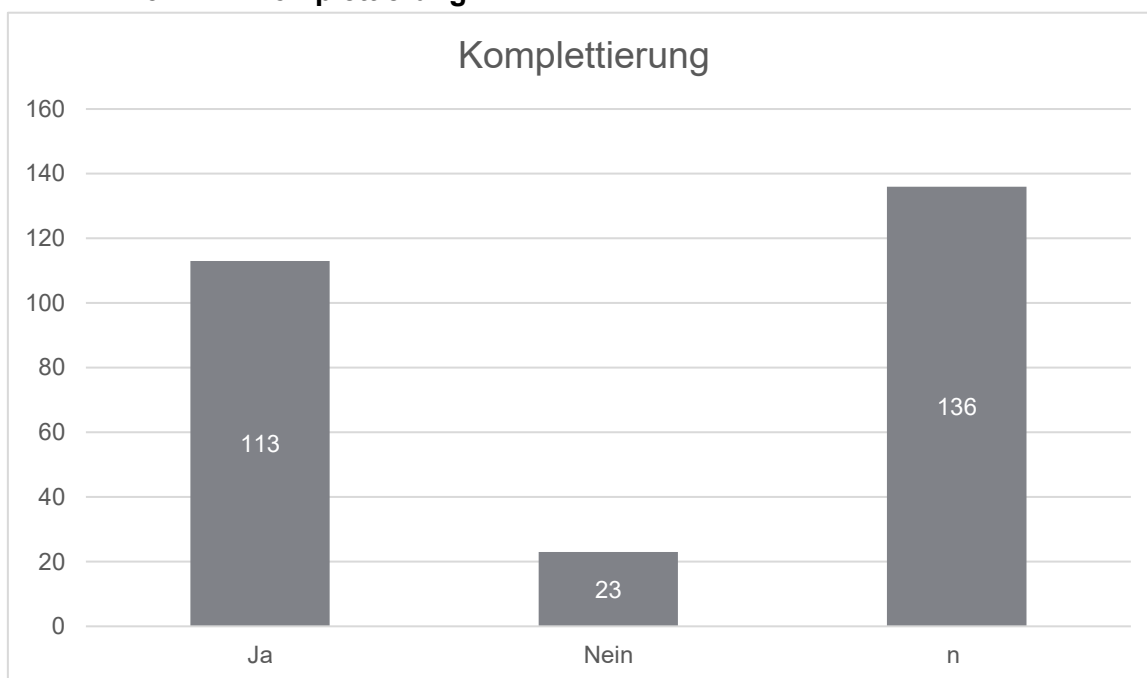


Abbildung 12: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

In 83,1% der Fälle hat die Kapsel noch im Aufnahmezeitraum das Zökum erreicht. Bei 16,9 % konnte nicht der gesamte Dünndarm begutachtet werden.

5.2.8. Komplikationen

Es wurden keine Komplikationen in diesem Subkollektiv beobachtet.

5.2.9. Nebenbefunde

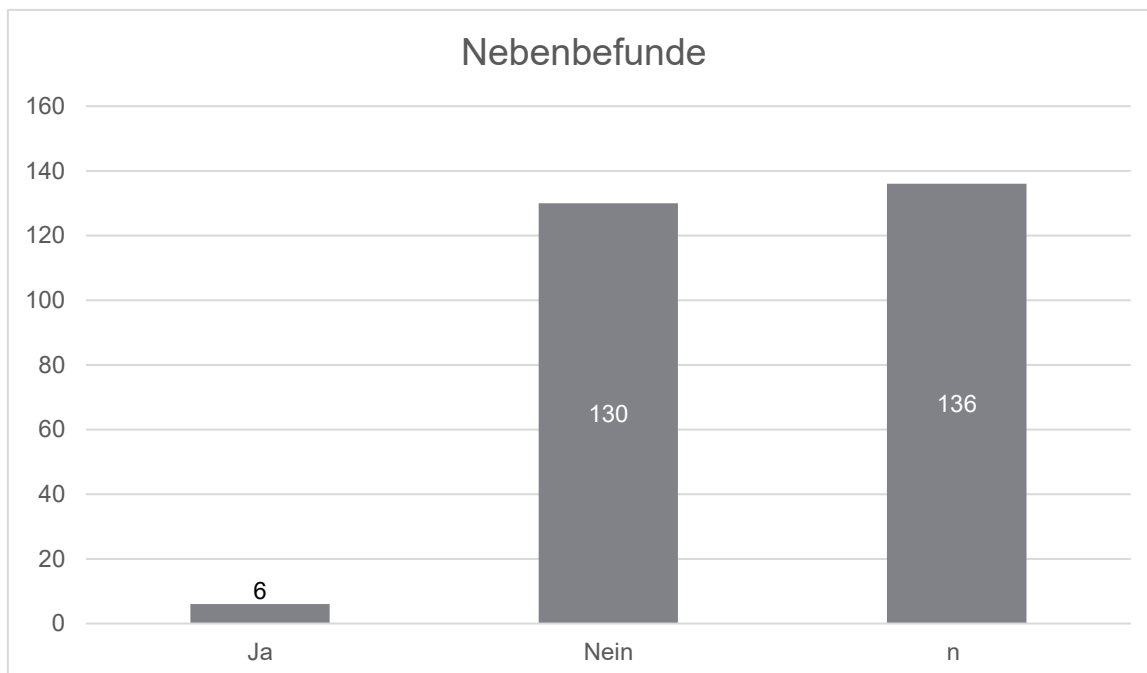


Abbildung 13: Dichotome Auswertung der Nebenbefunde im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Bei 4,4 % der Patientinnen und Patienten in diesem Subkollektiv wurde durch die Kapselendoskopie ein Nebenbefund festgestellt. Dabei handelte es sich um zwei Stenosen (1,5 %) sowie jeweils ein Divertikel, eine Lymphangiektasie, einen Tumor und eine aphthöse Läsion (jeweils 0,7 %).

Die aphthöse Läsion, der Tumor sowie das Divertikel wurden von den untersuchenden Personen explizit als Blutungsquelle ausgeschlossen. Trotz ihres potenziellen Blutungsrisikos wurden sie daher als Nebenbefunde klassifiziert.

5.2.10. Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Hb [g/dl]	4,20	7,80	8,80	9,00	10,10	15,70	1,77	133

Tabelle 14: Ergebnisse des Parameters „Hämoglobin“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Das Hämoglobin unmittelbar vor der Kapselendoskopie konnte in diesem Subkollektiv bei 133 Personen ausgewertet werden. Der niedrigste gemessene Wert betrug 4,2 g/dl, während der höchste angegebene Wert mit 15,7 g/dl im Normbereich lag. Im Durchschnitt hatten die Patientinnen und Patienten bei dem Verdacht auf eine gastrointestinale Blutung einen Hämoglobinwert von 9 g/dl.

5.2.11. Blutungsart

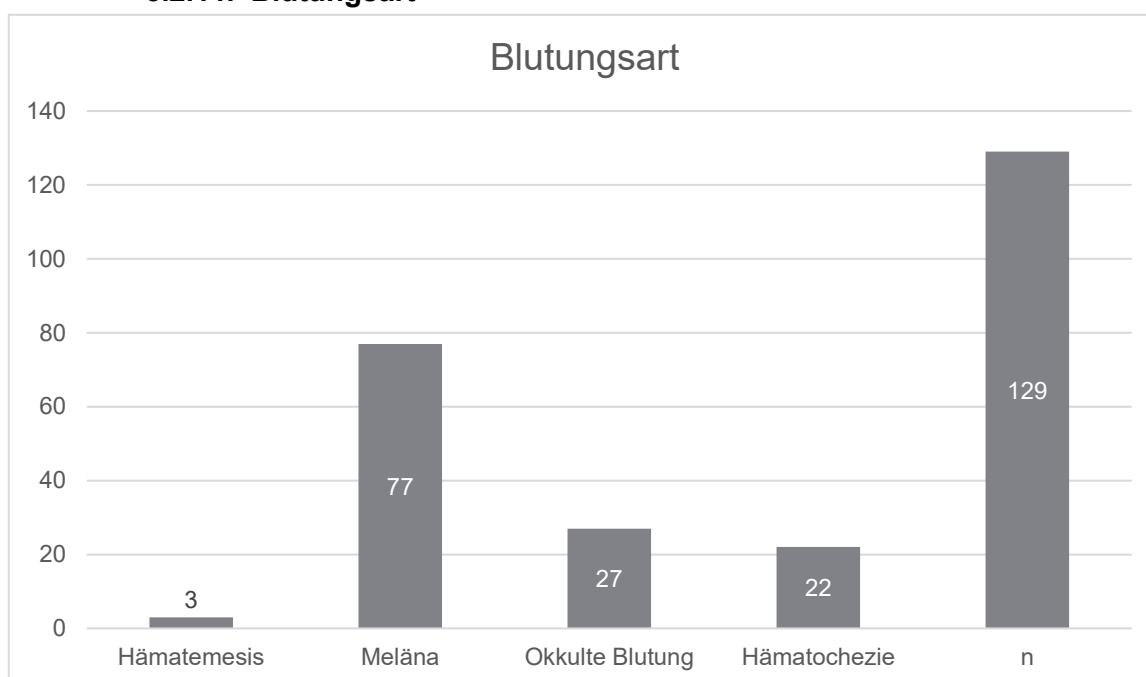


Abbildung 14: Verteilung der indikationsstellenden Blutungsarten im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Bei dieser Variable wurde analysiert, welche Art der Blutung für die Indikationsstellung einer GI-Blutung ausschlaggebend war. 59,7 % der Patientinnen und Patienten berichteten vor der Kapselendoskopie über Teerstuhl (Meläna). In 20,9 % der Fälle wurde eine okkulte Blutung mittels iFOB-Test nachgewiesen. 17,1 % gaben frischblutige Auflagerungen an, während 2,3 % von Bluterbrechen (Hämatemesis) berichteten.

5.2.1. Blutungsursache

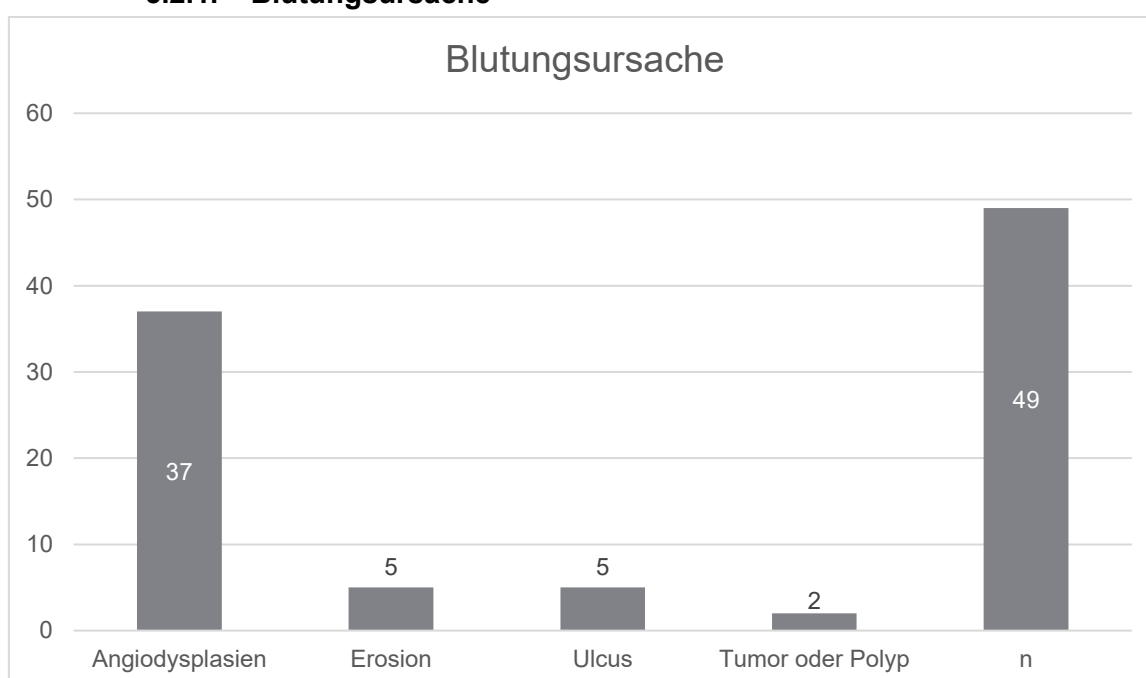


Abbildung 15: Die durch die Kapselendoskopie festgestellte Blutungsursache bei GI-Blutungen

Bei 49 der 136 durchgeführten Kapselendoskopien in diesem Subkollektiv konnte eine Blutungsquelle identifiziert werden. 75,5 % der festgestellten GI-Blutungen konnten auf

Angiodysplasien zurückgeführt werden. In jeweils 10,2 % der Fälle wurden Erosionen oder Ulcera als Blutungsquelle definiert. Bei 4,1 % der Betroffenen konnte eine Blutung aus einem Tumor oder Polyp beobachtet werden.

Bei drei Personen wurde in den ärztlichen Entlassungsbriefen nach einer ausführlichen Medikamentenanamnese ein möglicher Zusammenhang mit der Einnahme von NSAR beschrieben. Jeweils eine Angiodysplasie, eine Erosion und ein Ulcus konnten somit als potenziell NSAR-assoziierte Blutungsquelle identifiziert werden.

5.3. Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

5.3.1. Geschlecht

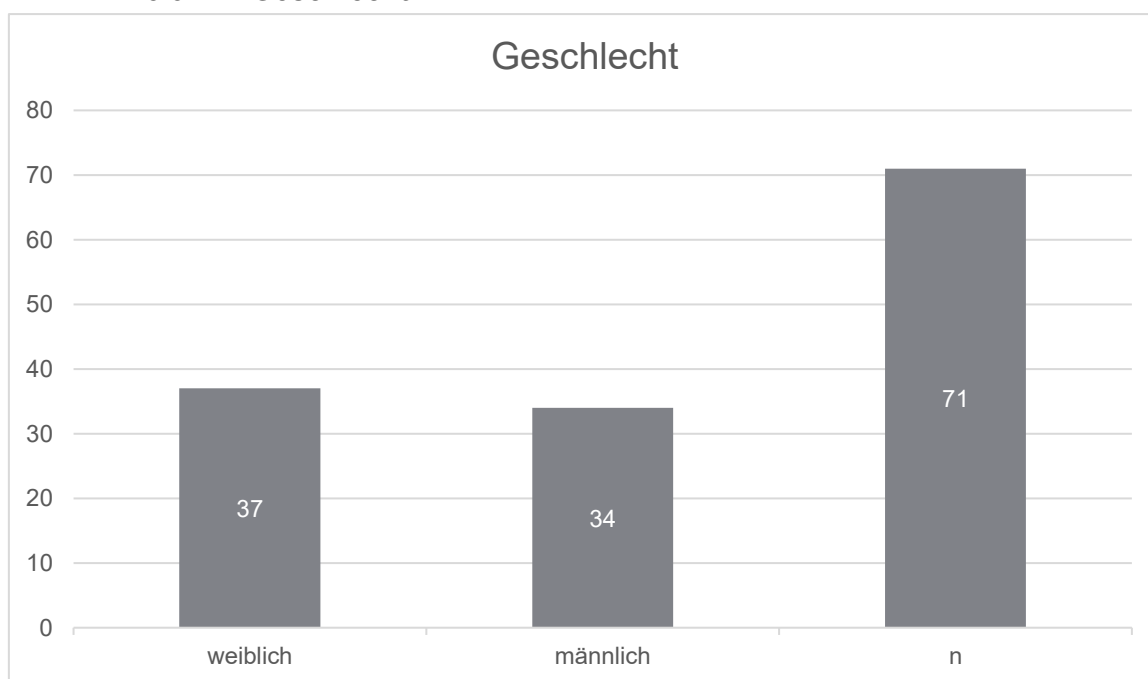


Abbildung 16: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Die Mehrheit der Personen in diesem Subkollektiv war weiblich (52,1 %), während 47,9 % männlich waren.

5.3.2. Alter

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Alter (Jahre)	23,00	60,00	69,00	66,51	76,00	91,00	13,15	71

Tabelle 15: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Die jüngste Person, bei der die unklare Eisenmangelanämie mittels Kapselendoskopie abgeklärt wurde, war 23 Jahre alt, während die älteste Person 91 Jahre alt war. Das Durchschnittsalter betrug in diesem Subkollektiv aufgerundet 67 Jahre.

5.3.3. Body-Mass-Index (BMI)

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
BMI [kg/m ²]	17,93	23,95	28,01	29,11	32,26	52,47	6,69	68

Tabelle 16: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Im Durchschnitt waren die Patientinnen und Patienten in diesem Subkollektiv mit einem BMI von 29 kg/m² stark übergewichtig.

5.3.1. Beurteilbarkeit

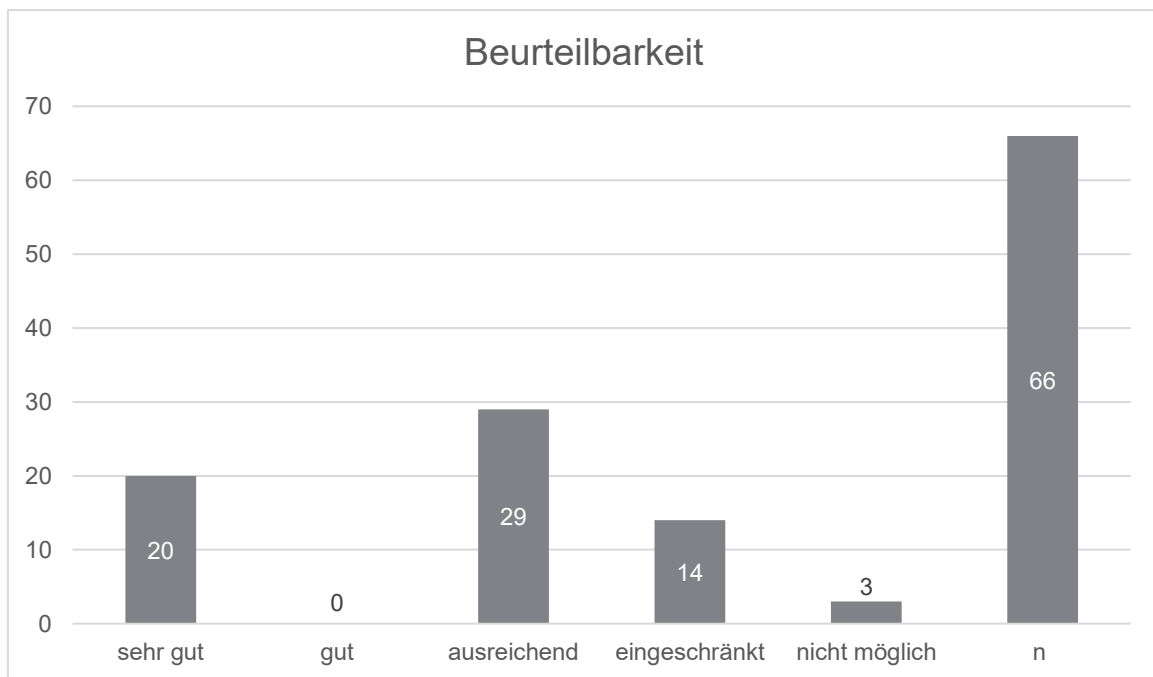


Abbildung 17: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Die Beurteilbarkeit wurde bei 30,3 % der Personen mit einer unklaren Eisenmangelanämie als „sehr gut“ eingestuft, bei 43,5 % als „ausreichend“. In 21,2 % der Fälle war die Kapselendoskopie eingeschränkt beurteilbar. Bei 4,6 % war die Beurteilung nicht möglich.

5.3.2. Erkennung

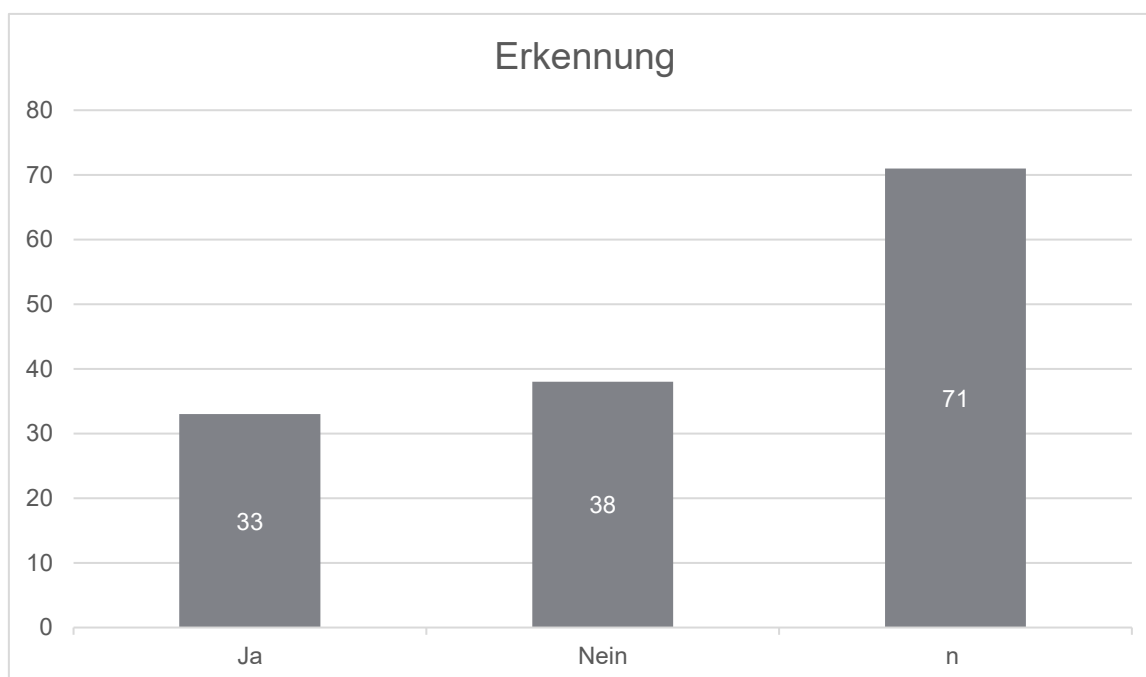


Abbildung 18: Anzahl der erkannten gastrointestinalen Blutungen als Ursache für die Eisenmangelanämie

Bei 46,5 % der aufgrund einer unklaren Eisenmangelanämie durchgeführten Kapselendoskopien konnte eine potenzielle Blutungsquelle im Gastrointestinaltrakt nachgewiesen werden. In 28 Fällen (84,8 %) wurden Angiodysplasien als Quelle definiert, in drei Fällen (9,1 %) jeweils ein Ulcus und in zwei Fällen (6,1 %) aphthöse Läsionen.

In vier Befunden wurde ein möglicher Zusammenhang mit NSAR erwähnt. Bei drei Personen mit Angiodysplasien wurden sie differentialdiagnostisch als Ursache diskutiert, woraufhin eine Überprüfung der aktuellen Dauermedikation sowie ein mögliches Absetzen von NSAR empfohlen wurde.

Bei einer Person mit einem Ulcus war die regelmäßige Einnahme von NSAR bereits vor der Kapselendoskopie bekannt. Hier wurde die Diagnose einer „NSAR-induzierten Ulzeration“ gestellt, woraufhin neben der Ulcusbehandlung die laufende Schmerztherapie von Dexibuprofen auf Metamizol umgestellt wurde.

5.3.3. Dünndarmpassagezeit

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
DPZ [min]	78,00	200,00	249,00	269,18	312,00	540,00	108,11	51

Tabelle 17: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Dieser Parameter konnte in diesem Subkollektiv bei 51 Patientinnen und Patienten ausgewertet werden. Die mittlere Dünndarmpassagezeit betrug 4 Stunden und 29 Minuten. Die kürzeste dokumentierte Dünndarmpassagezeit lag bei 1 Stunde und 18 Minuten, während die längste Kapselendoskopie in diesem Subkollektiv 9 Stunden dauerte.

5.3.4. Komplettierung

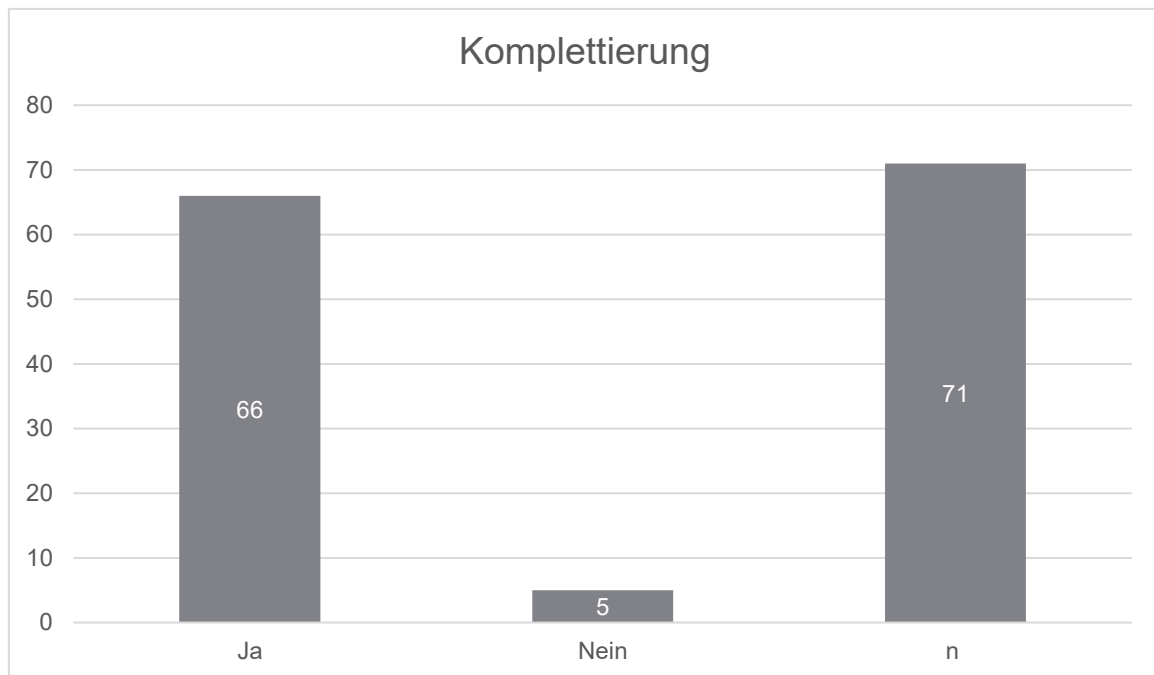


Abbildung 19: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Bei 7 % der Personen mit unklarer Eisenmangelanämie konnte die Kapselendoskopie den Dünndarm nicht vollständig darstellen. In 93 % der Fälle wurde das Zökum erreicht und der gesamte Dünndarm eingesehen.

5.3.5. Komplikationen

Es wurde keine Kapselretention im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“ beobachtet.

5.3.6. Nebenbefunde

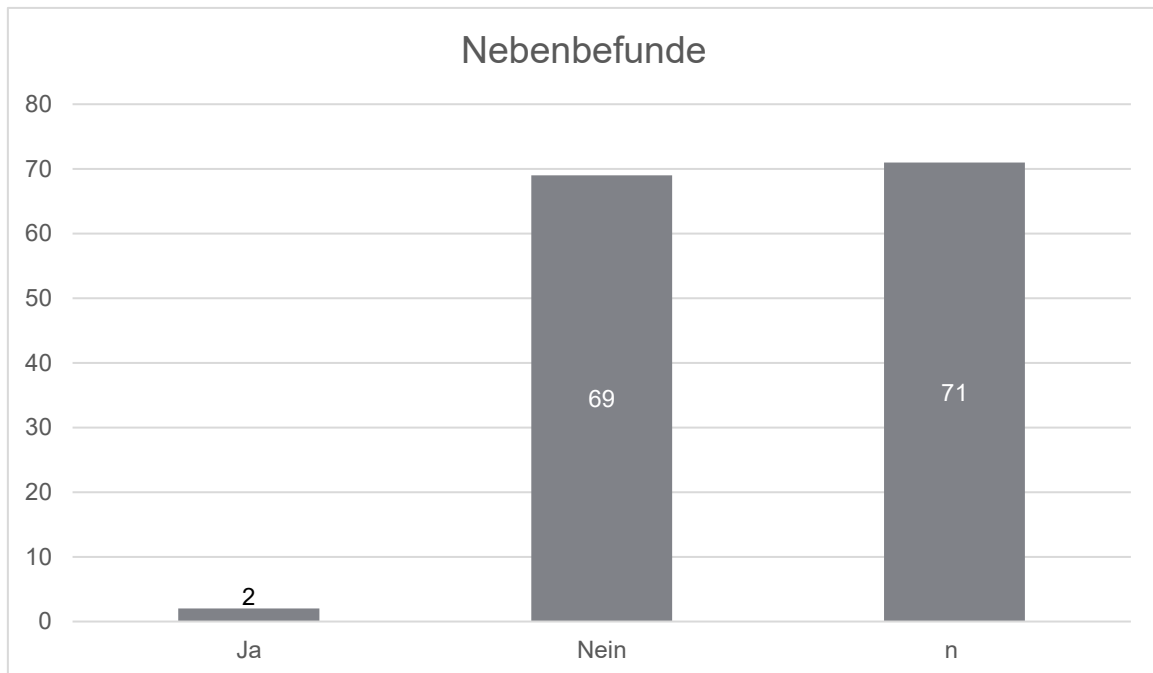


Abbildung 20: Dichotome Auswertung der Nebenbefunde im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Bei zwei Personen (2,8 %) wurden Lymphangiectasien als Nebenfund festgestellt.

5.3.7. Hämoglobin unmittelbar vor der Intervention

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Hb [g/dl]	5,00	7,90	9,20	9,36	10,80	13,70	1,95	67

Tabelle 18: Ergebnisse des Parameters „Hämoglobin“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Der durchschnittliche Hämoglobinwert in diesem Subkollektiv betrug 9,4 g/dl. Der niedrigste gemessene Wert lag bei 5 g/dl, während sich der höchste Wert mit 13,7 g/dl im Normbereich befand.

5.4. Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

5.4.1. Geschlecht

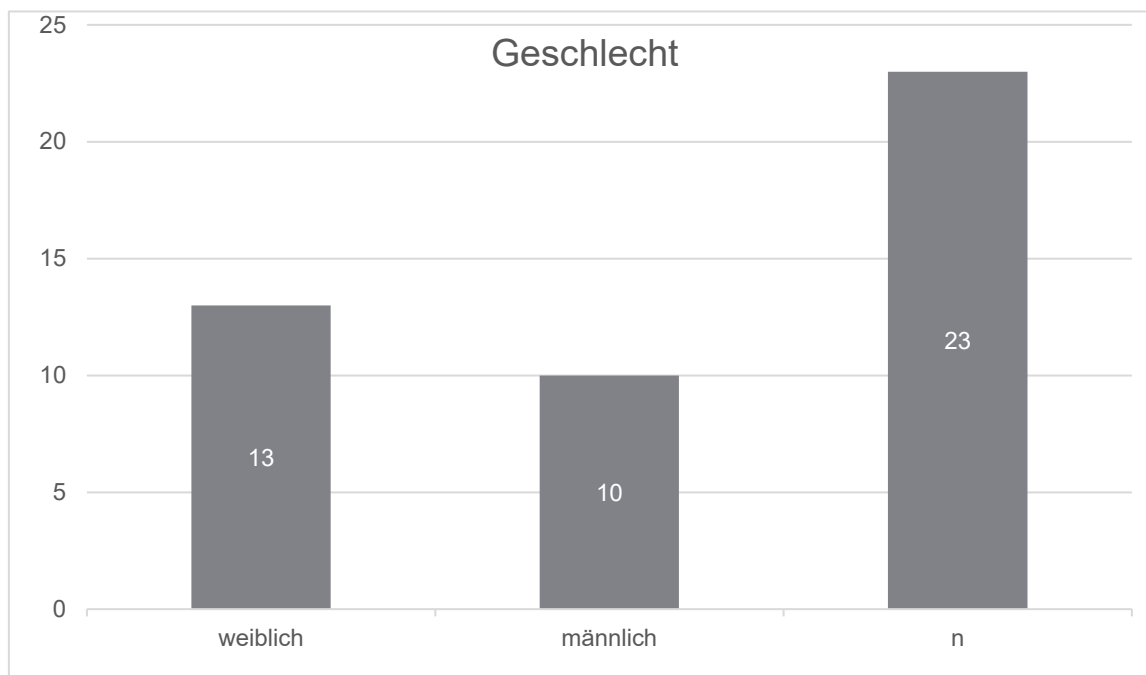


Abbildung 21: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

In diesem Subkollektiv waren 56,5 % der teilnehmenden Personen weiblich und 43,5 % männlich.

5.4.2. Alter

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
Alter (Jahre)	17,00	29,00	49,00	42,39	54,00	69,00	16,30	23

Tabelle 19: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Das Durchschnittsalter bei Verdacht auf Morbus Crohn betrug etwa 42 Jahre. Die jüngste Person war 17 Jahre alt, während die älteste Person ein Alter von 69 Jahren hatte.

5.4.3. Body-Mass-Index (BMI)

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
BMI [kg/m ²]	17,63	21,26	23,41	25,07	26,37	40,39	6,04	22

Tabelle 20: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Mit einem durchschnittlichen BMI von 25 kg/m² befanden sich die Patientinnen und Patienten dieses Subkollektivs an der Grenze zwischen Normalgewicht und Übergewicht.

5.4.1. Beurteilbarkeit

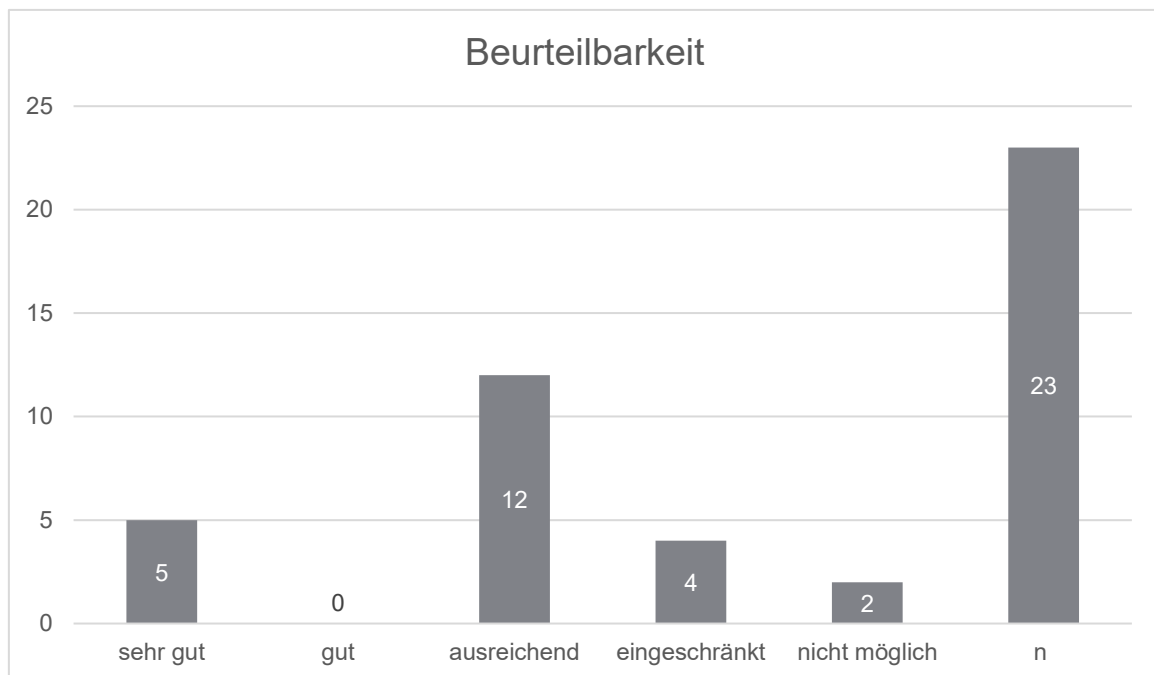


Abbildung 22: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Der größte Teil dieses Subkollektivs wurde mit einer ausreichenden Beurteilbarkeit bewertet (52,2 %). Bei 21,7 % wurde die Beurteilbarkeit als „sehr gut“, bei 17,4 % als „eingeschränkt“ eingestuft. Bei zwei Personen (8,7 %) war eine Beurteilung nicht möglich.

5.4.2. Erkennung

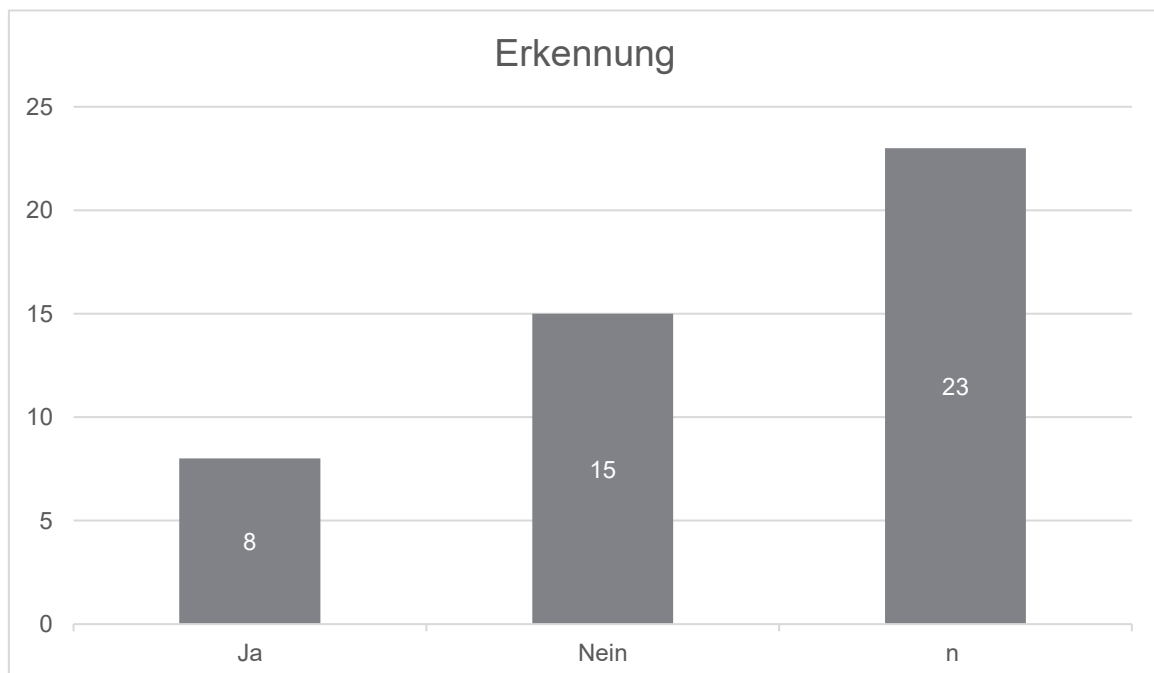


Abbildung 23: Anzahl der Erkennung von Befunden, die für einen vorliegenden Morbus Crohn sprechen

In 34,8 % der Fälle wurde die Diagnose „Morbus Crohn“ mithilfe der Kapselendoskopie gestellt.

5.4.3. Dünndarmpassagezeit

	Min	Q1	Median	MW	Q3	Max	Std.-Abw.	n
DPZ [min]	105,00	179,00	283,00	275,23	348,00	416,00	101,21	13

Tabelle 21: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Die Dünndarmpassagezeit wurde bei 13 Personen erfasst und betrug im Durchschnitt 4 Stunden und 35 Minuten. Die kürzeste Kapselendoskopie erreichte das Zökum in 1 Stunde und 45 Minuten, während die längste Kapselendoskopie 6 Stunden und 56 Minuten dafür benötigte.

5.4.4. Komplettierung

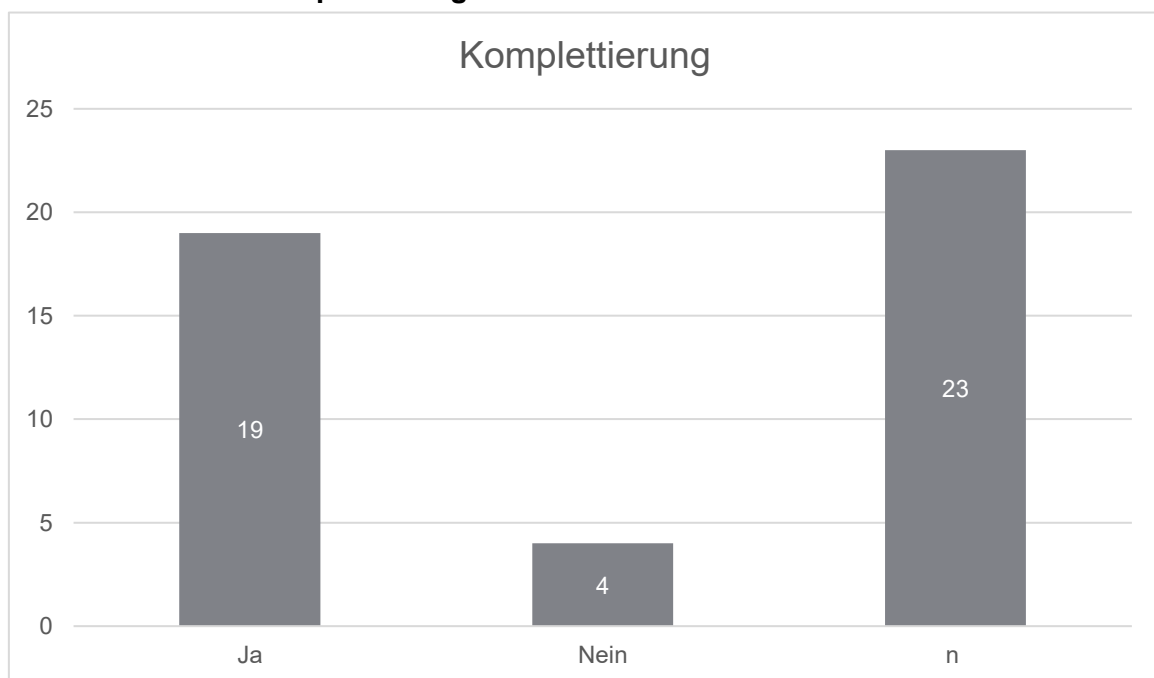


Abbildung 24: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Bei 82,6 % der Personen mit dem Verdacht auf Morbus Crohn war eine komplette Untersuchung des Dünndarms mittels Kapselendoskopie möglich. In 17,4 % der Fälle wurde das Zökum im Untersuchungszeitraum nicht erreicht.

5.4.5. Komplikationen

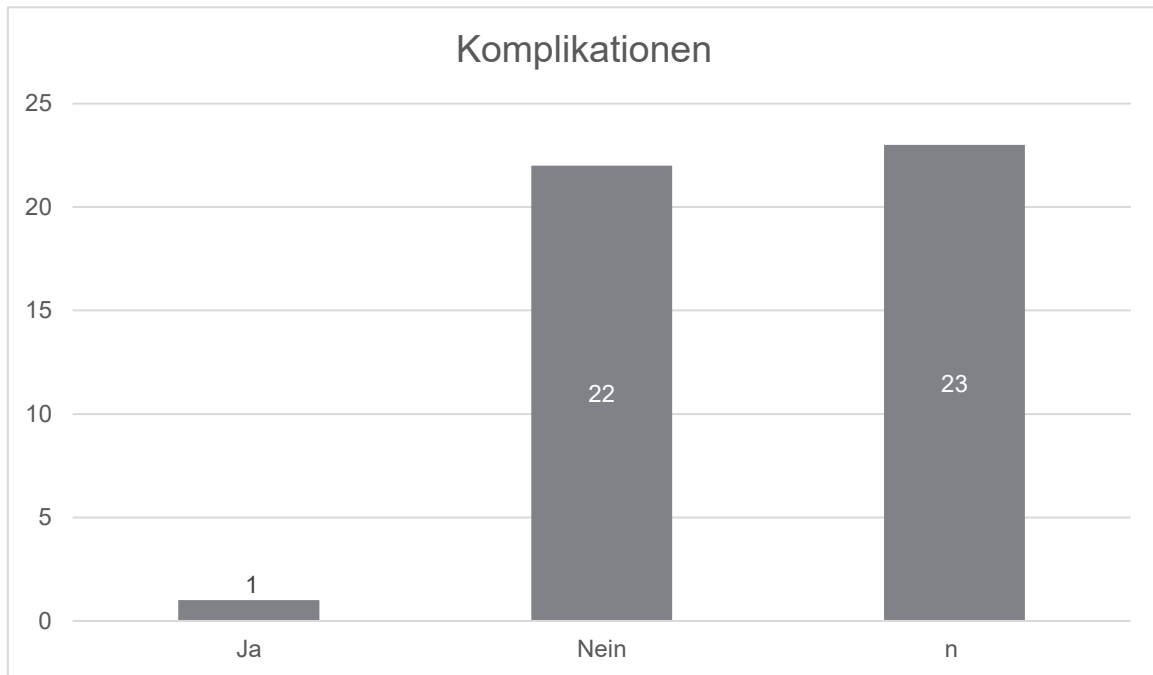


Abbildung 25: Ergebnisse des Parameters „Komplikation“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

In diesem Subkollektiv wurde eine Kapselretention (4,4 %) bei einer 55-jährigen Frau mit einem BMI von 24 kg/m² beobachtet. Da die Kapsel nicht ausgeschieden wurde, erfolgte eine Röntgenaufnahme des Abdomens, bei der sie im Zökum lokalisiert wurde. Die Bergung der Kapsel erfolgte im Anschluss mittels Koloskopie.

5.4.6. Nebentbefunde

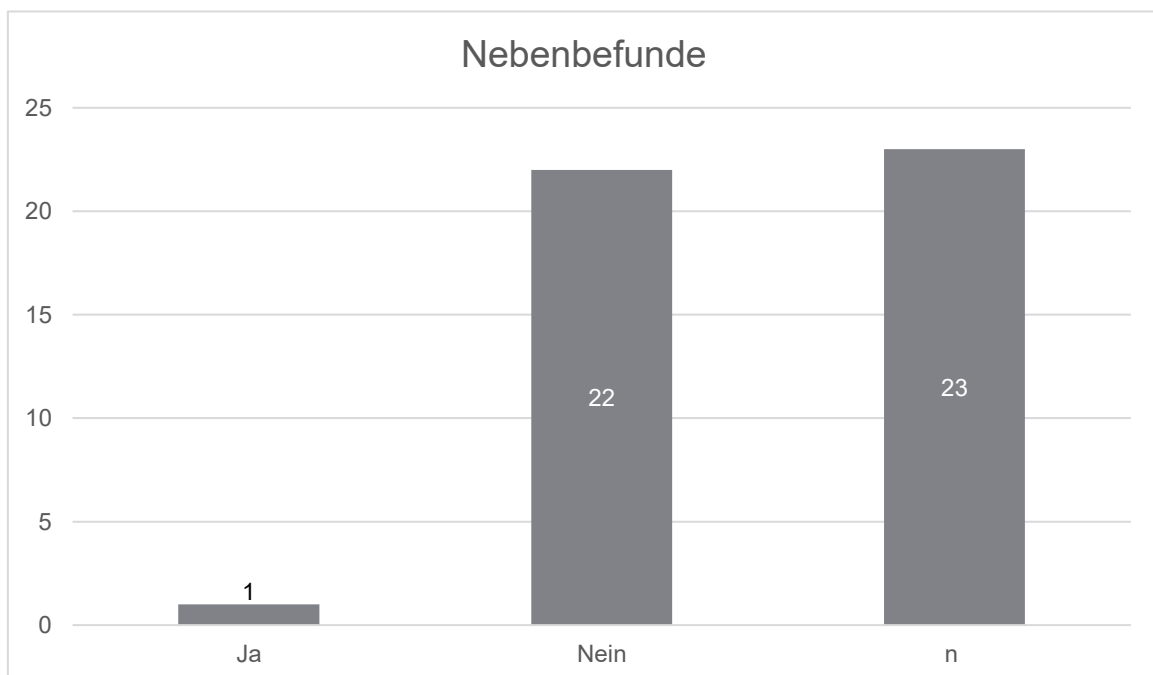


Abbildung 26: Dichotome Auswertung der Nebentbefunde im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Bei einer Person mit Verdacht auf Morbus Crohn wurden als Nebentbefund Angiodysplasien festgestellt (4,3 %).

5.4.7. Calprotectin unmittelbar vor der Intervention

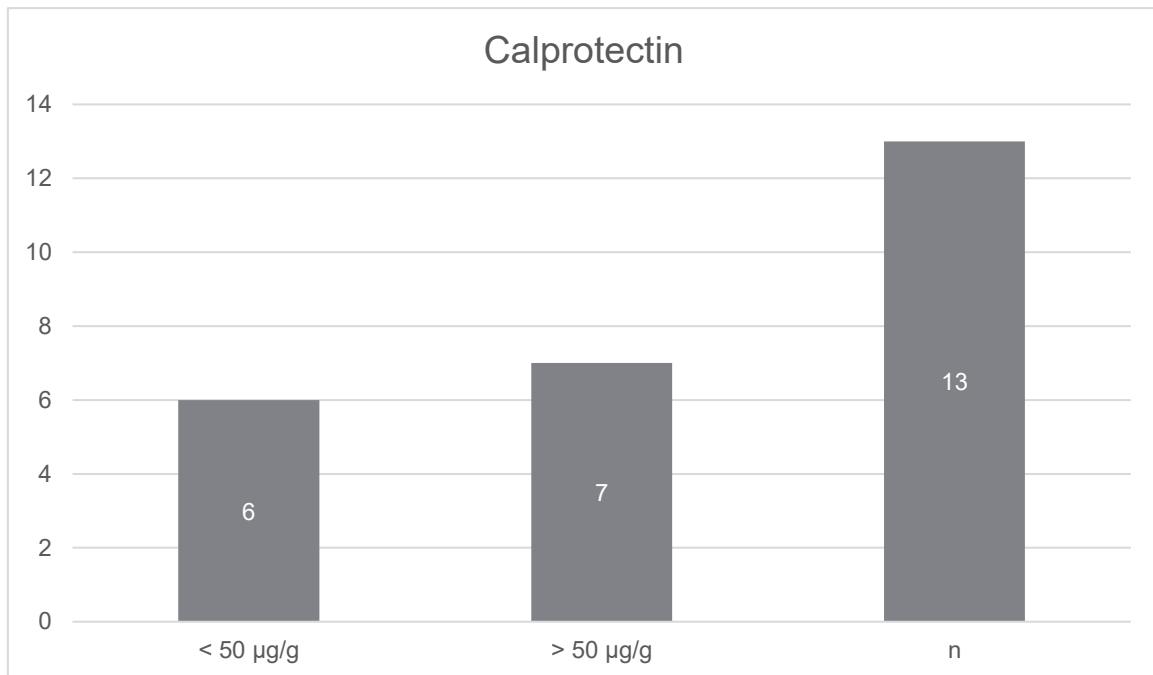


Abbildung 27: Verteilung der Calprotectin-Befunde unmittelbar vor der Kapselendoskopie

Der Calprotectin-Wert unmittelbar vor der Kapselendoskopie wurde bei 13 Personen erfasst. Werte unter 50 µg/g sprechen gegen eine akute Entzündung im Darm. Daher wurden die Ergebnisse dichotomisiert in „< 50 µg/g“ und „> 50 µg/g“. Bei 53,8 % der Personen lag der Wert über 50 µg/g, bei 46,2 % darunter.

Werte bis 150 µg/g gelten als grenzwertig. Bei sechs Personen aus der Gruppe „> 50 µg/g“ lag der Calprotectin-Wert jedoch über 150 µg/g, was laborchemisch auf ein entzündliches Geschehen im Darm hinweist.

6. Statistische Analyse

6.1. 95%-Konfidenzintervalle

Die Ergebnisse der 95%-Konfidenzintervalle werden tabellarisch dargestellt, wobei für jedes Kollektiv jeweils eine Tabelle für metrische und nominalskalierte Variablen angefertigt wurde.

6.1.1. Gesamtkollektiv

6.1.1.1. Metrische Variablen

Variable	Median	95%-Konfidenzintervalle	
		Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	65,00	63,00	69,00
BMI [kg/m ²]	25,43	24,85	26,37
Dünndarmpassagezeit [min]	267,50	249,00	277,41

Tabelle 22: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Gesamtkollektiv

6.1.1.2. Nominalskalierte Variablen

Variable	Ausprägung	Relative Häufigkeit [%]	95%-Konfidenzintervalle	
			Untergrenze	Obergrenze
Geschlecht	Weiblich	49,15	43,29	55,03
	Männlich	50,85	44,97	56,71
Indikation	Gastrointestinale Blutung	46,90	41,04	52,82
	Eisenmangelanämie	24,48	19,64	29,85
	Morbus Crohn	7,93	5,09	11,66
	FAP	0,69	0,08	2,47
	Peutz-Jeghers-Syndrom	1,38	0,38	3,49
	Dünndarmtumor	4,14	2,16	7,12
	Zöliakie	2,41	0,98	4,91
	Sonstige	12,07	8,55	16,38
Beurteilbarkeit	Sehr gut	31,18	25,79	36,98
	Gut	0,72	0,09	2,57
	Ausreichend	44,44	38,52	50,49
	Eingeschränkt	19,35	14,89	24,49
	Nicht möglich	4,30	2,24	7,39
Erkennung	Ja	40,08	33,92	46,48
	Nein	59,92	53,52	66,08
Komplettierung	Ja	85,32	80,75	89,17
	Nein	14,68	10,83	19,25
Komplikation	Ja	0,68	0,08	2,44
	Nein	99,32	97,56	99,92
Nebenbefunde	Ja	7,17	4,49	10,75
	Nein	92,83	89,25	95,51

Tabelle 23: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Gesamtkollektiv

6.1.2. Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

6.1.2.1. Metrische Variablen

Variable	Median	95%-Konfidenzintervalle	
		Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	72,00	68,00	73,91
BMI [kg/m ²]	25,73	25,13	27,33
Dünndarmpassagezeit [min]	269,50	243,77	289,39
Hämoglobin [g/dl]	8,80	8,40	9,10

Tabelle 24: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

6.1.2.1. Nominalskalierte Variablen

Variable	Ausprägung	Relative Häufigkeit [%]	95%-Konfidenzintervalle	
			Untergrenze	Obergrenze
Geschlecht	Weiblich	44,85	36,32	53,61
	Männlich	55,15	46,39	63,68
Beurteilbarkeit	Sehr gut	30,30	22,61	38,90
	Gut	1,52	0,18	5,37
	Ausreichend	44,70	36,04	53,59
	Eingeschränkt	21,21	14,58	29,18
	Nicht möglich	2,27	0,47	6,50
Erkennung	Ja	36,03	27,98	44,70
	Nein	63,97	55,30	72,02
Komplettierung	Ja	83,09	75,71	88,97
	Nein	16,91	11,03	24,29
Komplikation	Ja	0,00	0,00	2,68
	Nein	100,00	97,32	100,00
Nebenbefunde	Ja	4,41	1,64	9,36
	Nein	95,59	90,64	98,36
Blutungsart	Hämatemesis	2,33	0,48	6,65
	Meläna	59,69	50,70	68,23
	Okkulte Blutung	20,93	14,27	28,97
	Hämatochezie	17,05	11,01	24,67
Blutungsursache	Angiodysplasien	27,21	19,93	35,50
	Erosion	3,68	1,20	8,37
	Ulcus	3,68	1,20	8,37
	Tumor/Polyp	1,47	0,18	5,21
	Unbekannt	63,97	55,30	72,02

Tabelle 25: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

6.1.3. Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

6.1.3.1. Metrische Variablen

Variable	Median	95%-Konfidenzintervalle	
		Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	69,00	63,77	72,00
BMI [kg/m ²]	28,01	26,95	29,66
Dünndarmpassagezeit [min]	249,00	225,14	292,93
Hämoglobin [g/dl]	9,20	8,60	10,00

Tabelle 26: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

6.1.3.1. Nominalskalierte Variablen

Variable	Ausprägung	Relative Häufigkeit [%]	95%-Konfidenzintervalle	
			Untergrenze	Obergrenze
Geschlecht	Weiblich	52,11	39,92	64,12
	Männlich	47,89	35,88	60,08
Beurteilbarkeit	Sehr gut	30,30	19,59	42,85
	Gut	0,00	0,00	5,44
	Ausreichend	43,94	31,74	56,70
	Eingeschränkt	21,21	12,11	33,02
	Nicht möglich	4,55	0,95	12,71
Erkennung	Ja	46,48	34,55	58,71
	Nein	53,52	41,29	65,45
Komplettierung	Ja	92,96	84,33	97,67
	Nein	7,04	2,33	15,67
Komplikation	Ja	0,00	0,00	5,06
	Nein	100,00	94,94	100,00
Nebenbefunde	Ja	2,82	0,34	9,81
	Nein	97,18	90,19	99,66

Tabelle 27: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

6.1.4. Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

6.1.4.1. Metrische Variablen

Variable	Median	95%-Konfidenzintervalle	
		Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	49,00	31,00	53,30
BMI [kg/m ²]	23,41	21,71	26,37
Dünndarmpassagezeit [min]	283,00	173,38	348,47

Tabelle 28: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

6.1.4.1. Nominalskalierte Variablen

Variable	Ausprägung	Relative Häufigkeit [%]	95%-Konfidenzintervalle	
			Untergrenze	Obergrenze
Geschlecht	Weiblich	56,52	34,49	76,81
	Männlich	43,48	23,19	65,51
Beurteilbarkeit	Sehr gut	21,74	7,46	43,70
	Gut	0,00	0,00	14,82
	Ausreichend	52,17	30,59	73,18
	Eingeschränkt	17,39	4,95	38,78
	Nicht möglich	8,70	1,07	28,04
Erkennung	Ja	34,78	16,38	57,27
	Nein	65,22	42,73	83,62
Komplettierung	Ja	82,61	61,22	95,05
	Nein	17,39	4,95	38,78
Komplikation	Ja	4,35	0,11	21,95
	Nein	95,65	78,05	99,89
Nebenbefunde	Ja	4,35	0,11	21,95
	Nein	95,65	78,05	99,89
Calprotectin	< 50 µg/g	46,15	19,22%	74,87%
	> 50 µg/g	53,85	25,13%	80,78%

Tabelle 29: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

6.1.5. Korrelationen

Es konnte in keinem Kollektiv eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der Kapselendoskopie und der Beurteilbarkeit nachgewiesen werden. Dieses Resultat lässt darauf schließen, dass die durchgeführten Änderungen in der Vorbereitung im Zeitraum dieser Studie (siehe Punkt 3.3.) zu keiner signifikanten Verbesserung der Beurteilbarkeit führte. Die Ergebnisse der Berechnungen werden im Anschluss tabellarisch präsentiert.

Gesamtkollektiv		Beurteilbarkeit (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = ausreichend, 4 = eingeschränkt, 5 = nicht möglich)
Intervall ab frühester Kapselendoskopie (Tage)	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	0,051
	p-Wert	0,393
	n	279

Tabelle 30: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Gesamtkollektiv

Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“		Beurteilbarkeit (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = ausreichend, 4 = eingeschränkt, 5 = nicht möglich)
Intervall ab frühester Kapselendoskopie (Tage)	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	0,140
	p-Wert	0,110
	n	132

Tabelle 31: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“		Beurteilbarkeit (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = ausreichend, 4 = eingeschränkt, 5 = nicht möglich)
Intervall ab frühester Kapselendoskopie (Tage)	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	0,030
	p-Wert	0,811
	n	66

Tabelle 32: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“		Beurteilbarkeit (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = ausreichend, 4 = eingeschränkt, 5 = nicht möglich)
Intervall ab frühester Kapselendoskopie (Tage)	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	-0,211
	p-Wert	0,334
	n	23

Tabelle 33: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

6.1.6. Logistische Regressionsanalysen

Für das binäre logistische Regressionsmodell wurde als Zielvariable die dichotomisierte Beurteilbarkeit („sehr gut“ + „gut“ + „ausreichend“ = 1) definiert. Untersucht wurde hierbei der Einfluss der unabhängigen Variablen Alter, BMI, Intervall ab frühester Kapselendoskopie (in den folgenden Tabellen mit „KE“ abgekürzt) und Geschlecht auf die Beurteilbarkeit der Kapselendoskopie. Die Ergebnisse dieser Analyse werden in den Tabellen 34-37 präsentiert. Es konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen den oben genannten Variablen und der Beurteilbarkeit nachgewiesen werden. Allerdings konnte im Gesamtkollektiv eine Tendenz beim BMI festgestellt werden. Eine höhere Fallzahl könnte möglicherweise belegen, dass Personen mit einem geringeren BMI eine bessere Beurteilbarkeit bei einer Kapselendoskopie aufweisen ($p = 0,073$). Des Weiteren deutet sich im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“ an, dass jüngere Patientinnen und Patienten häufiger eine ausreichende bis sehr gute Beurteilbarkeit aufweisen als ältere ($p = 0,078$).

Multivariates Modell (n = 258, stabil) im Gesamtkollektiv

Variable	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Test- statistik	df	p- Wert	Odds- Ratio	95%-Konfidenzintervall	
							Odds-Ratio	
							Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	-0,006	0,009	0,409	1	0,522	0,994	0,976	1,012
BMI [kg/m ²]	-0,037	0,021	3,217	1	0,073	0,964	0,926	1,003
Intervall ab frühester KE (Tage)	0,000	0,000	0,395	1	0,530	1,0002	1,000	1,001
Geschlecht [männlich vs. weiblich]	-0,096	0,297	0,104	1	0,747	0,909	0,507	1,627

Tabelle 34: Logistische Regressionsanalyse im Gesamtkollektiv

Multivariates Modell (n = 120, stabil) Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Variable	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Test- statistik	df	p- Wert	Odds- Ratio	95%-Konfidenzintervall	
							Odds-Ratio	
							Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	-0,008	0,014	0,336	1	0,562	0,992	0,965	1,019
BMI [kg/m ²]	-0,042	0,027	2,357	1	0,125	0,959	0,909	1,012
Intervall ab frühester KE (Tage)	0,000	0,001	0,407	1	0,523	1,000	0,999	1,001
Geschlecht [männlich vs. weiblich]	-0,074	0,445	0,027	1	0,868	0,929	0,388	2,224

Tabelle 35: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“

Multivariates Modell (n = 63, stabil) im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Variable	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Test- statistik	df	p- Wert	Odds- Ratio	95%-Konfidenzintervall	
							Odds-Ratio	
							Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	-0,050	0,028	3,102	1	0,078	0,951	0,900	1,006
BMI [kg/m ²]	-0,079	0,049	2,599	1	0,107	0,924	0,839	1,017
Intervall ab frühester KE (Tage)	0,001	0,001	0,711	1	0,399	1,001	0,999	1,002
Geschlecht [männlich vs. weiblich]	-0,137	0,611	0,050	1	0,823	0,872	0,263	2,888

Tabelle 36: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“

Multivariates Modell (n = 22, stabil) im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

Variable	Regressions- koeffizient B	Standard- fehler	Test- statistik	df	p- Wert	Odds- Ratio	95%-Konfidenzintervall	
							Odds-Ratio	
							Untergrenze	Obergrenze
Alter (Jahre)	-0,053	0,042	1,564	1	0,211	0,949	0,873	1,030
BMI [kg/m ²]	-0,134	0,133	1,023	1	0,312	0,875	0,674	1,134
Intervall ab frühester KE (Tage)	0,003	0,002	1,959	1	0,162	1,003	0,999	1,007
Geschlecht [männlich vs. weiblich]	-0,949	1,256	0,571	1	0,450	0,387	0,033	4,541

Tabelle 37: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“

7. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen sich gut mit der bestehenden Literatur vergleichen. Ein systematisches Review von Liao et al. (49) untersuchte beispielsweise die Verteilung der Indikationen bei insgesamt 22.840 Kapselendoskopien und führte zusätzlich eine Meta-Analyse zur Komplettierungs-, Erkennungs- und Retentionsrate durch.

In diesem Review wurden Patientinnen und Patienten, die eine Kapselendoskopie aufgrund einer gastrointestinalen Blutung oder einer unklaren Eisenmangelanämie erhielten, unter dem Begriff „obskure gastrointestinale Blutungen“ zusammengefasst und machten 66 % aller Untersuchungen aus. In der aktuellen Studie lag der zusammengefasste Anteil der Indikationen „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“ (46,9 %) und „unklare Eisenmangelanämie“ (24,5 %) mit 71,4 % etwas höher. Morbus Crohn machte im Review von Liao et al. 10,4 % der Indikationen aus, während der Anteil in dieser Studie mit 7,9 % etwas darunter lag.

Die Ergebnisse von Liao et al. (49) zur Komplettierungsrate sind mit jenen dieser Studie gut vergleichbar. In deren Publikation wurden 83,5 % der Untersuchungen als komplett gewertet, während in dieser Studie 85,3 % der Kapseln das Zökum erreichten.

Die diagnostische Ausbeute von Kapselendoskopien wird in der Literatur uneinheitlich definiert und ist daher etwas schwer vergleichbar. In dieser Studie wurde eine Indikation als „erkannt“ gewertet, wenn die Kapselendoskopie eine Läsion nachweisen konnte, die in direktem Zusammenhang zur Indikation steht. In einer Meta-Analyse von Rossi et al. (50), die Kapselendoskopien bei Personen mit einer unklaren Eisenmangelanämie untersuchte, lag die Erkennungsrate jener Läsionen, die Ursache einer Eisenmangelanämie sein können, bei 40 %. In der aktuellen Studie wurde in diesem Subkollektiv eine höhere Detektionsrate von 46,5 % beobachtet. Vergleicht man jedoch die Erkennungsrate von allen nachgewiesenen Läsionen, so liegt in dieser Studie der zusammengerechnete Wert der erkannten Indikationen sowie der erfassten Nebenergebnisse mit insgesamt 41 % deutlich unter den Vergleichswerten der Meta-Analyse von Rossi et al. (61 %) beziehungsweise von Liao et al. (59,4 %) (49, 50). Liao et al. (49) weisen allerdings darauf hin, dass in Studien mit größeren Fallzahlen (> 100) die Erkennungsraten zwischen 41,6 % und 61,4 % lagen, womit der hier erhobene Wert zumindest am unteren Rand dieses Spektrums einzuordnen ist. Eine mögliche Erklärung bei gastrointestinalen Blutungen könnte beispielsweise der zeitliche Abstand zwischen der Blutung und der Kapselendoskopie sein, da am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern zunächst eine Ösophagogastroduodenoskopie sowie eine Ileokoloskopie durchgeführt werden. Die Blutung kann in der Zwischenzeit sistieren, was dazu führen kann, dass Blutungsquellen zum Zeitpunkt der Kapselendoskopie nicht mehr detektierbar sind. Eine frühzeitige Kapselendoskopie könnte laut Literatur bei einem akuten Blutungsgeschehen die Detektionsrate erhöhen (51, 52). Mehrere Quellen beschreiben zudem einen Zusammenhang zwischen einer längeren Dünndarmpassagezeit und einer erhöhten Detektionsrate (53, 54). Die durchschnittliche Transitzeit in dieser Studie lag allerdings im Gesamtkollektiv sowie in allen Subkollektiven über 260 Minuten. Damit überschreitet sie den von Mohan et al. (54) beschriebenen Schwellenwert von 220 Minuten, der mit einer guten Erkennungsrate assoziiert wird, weshalb dieser Faktor als Ursache für die vergleichsweise niedrige Detektionsrate in dieser Studie als eher unwahrscheinlich gilt.

Liao et al. (49) analysierten zudem die Blutungsursachen der im Kollektiv der „obskuren gastrointestinalen Blutungen“ nachgewiesenen Blutungen. Auch hier zeigen sich deutliche Unterschiede zu der aktuellen Studie. In der Publikation von Liao et al. wurden Angiodysplasien in 50 % der Fälle als Blutungsursache definiert, während sie in dieser Studie in 79,3 % der Fälle als relevante Läsionen gewertet wurden. Die Häufigkeit neoplastischer Läsionen als Blutungsursache betrug in der Meta-Analyse 8,8 % (49). In der aktuellen Studie wurden dagegen nur 2,4 % der Blutungsereignisse einem Dünndarmtumor zugeschrieben. Ein weiterer interessanter Aspekt dieser Arbeit wäre die Analyse der Zusammenhänge zwischen den identifizierten Blutungsquellen und der Einnahme von NSAR. Leider war die Erhebung der NSAR-Einnahme aufgrund des retrospektiven Studiendesigns nur begrenzt möglich, da mögliche Zusammenhänge meist nur als Vermutung in den ärztlichen Entlassungsbriefen oder Kapselendoskopie-Befunden dokumentiert wurden. Um diese Zusammenhänge besser interpretieren zu können, würde sich die Durchführung einer prospektiven Studie anbieten, bei der die Kapselendoskopie-Befunde durch eine ausführliche Medikamentenanamnese erweitert werden könnten.

Die Kapselretention ist eine potenziell schwerwiegende Komplikation der Kapselendoskopie und ist daher sowohl klinisch als auch wissenschaftlich äußerst relevant. Rezapour et al. (55) untersuchten in einer Meta-Analyse 33 Studien mit insgesamt 8.513 Patientinnen und Patienten und erhoben eine Retentionsrate von 0 % bis 7 %.

Liao et al. (49) gaben hingegen an, eine Kapselretention in 1,4 % der Fälle beobachtet zu haben. Im Vergleich dazu liegt der Wert der aktuellen Studie mit 0,7 % deutlich darunter. Liao et al. analysierten zudem die Art der Kapselbergung im Falle einer Retention und berichteten, dass in 58,7 % der Fälle eine chirurgische Resektion erfolgte. Diese Daten sind gut vergleichbar mit der Studie dieser Arbeit, da bei einer betroffenen Person (entspricht 50 %) die Kapsel operativ geborgen wurde.

Neben den klinischen Indikationen spielen auch laborchemische Parameter eine wichtige Rolle bei der Einschätzung der diagnostischen Ausbeute der Kapselendoskopie. Beispielsweise ist ein niedriger Hämoglobinwert mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für den Nachweis einer aktiven GI-Blutung assoziiert (56, 57). Olano et al. (56) untersuchten diesen Zusammenhang in einer Studie, in der das durchschnittliche Hämoglobin 9 g/dl betrug. Ein identischer Mittelwert wurde in dieser Arbeit im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“ beobachtet (9 g/dl). Im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“ lag das durchschnittliche Hämoglobin bei 9,36 g/dl. Auch der Calprotectin-Wert, der mittels Stuhlprobe bestimmt wird, kann bei der Fragestellung „Verdacht auf Morbus Crohn“ eine wertvolle Entscheidungshilfe bei der Indikationsstellung zur Kapselendoskopie darstellen. Das Vorliegen eines Morbus Crohn ist bei Werten unter 50 µg/g sehr unwahrscheinlich, weshalb das Calprotectin als eine Art Triage-Instrument genutzt werden könnte, um die Notwendigkeit der Kapselendoskopie bei Verdacht auf Morbus Crohn abzuschätzen (57, 58). Im Rahmen dieser Arbeit konnte bei zehn Personen (43,5 %) im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“ kein aktueller Calprotectin-Befund erhoben werden. Die Ergebnisse in diesem Subkollektiv, vor allem in Bezug auf die Erkennungsrate und die Calprotectin-Werte, könnten dafür sprechen, die hausinterne Checkliste des Ordensklinikums Linz Barmherzige Schwestern (siehe Punkt 3.3.) um einen aktuellen Calprotectin-Wert als notwendigen Vorbefund für die Indikation „Morbus Crohn“ zu erweitern. In der Literatur werden mögliche Cut-off-Werte im Bereich von > 100 bis 200 µg/g diskutiert (57).

Die Änderungen im Vorbereitungsprotokoll im Studienzeitraum hatten keine Auswirkungen auf die Beurteilbarkeit. Die Verabreichung von Abführmitteln (in Form von Polyethylenglykol) vor der Untersuchung ist jedoch laut Literatur für eine ausreichende Beurteilbarkeit essentiell (57, 59). Choi et al. (59) untersuchten den Zusammenhang zwischen der diagnostischen Ausbeute und dem Zeitpunkt der Verabreichung des Abführmittels. Jene Personen, die das Abführmittel innerhalb von sechs Stunden vor dem Kapselschluck einnahmen, hatten eine höhere diagnostische Ausbeute als die Patientinnen und Patienten, die das Abführmittel früher verabreicht bekamen. In dieser Studie wurde den Patientinnen und Patienten während des gesamten Studienzeitraums das Abführmittel zwei Stunden vor der Kapselendoskopie verabreicht, was eine ausreichende bis sehr gute Beurteilbarkeit bei 76,3 % ermöglichte.

8. Zusammenfassung

Die Videokapselendoskopie am Ordensklinikum Linz Barmherzige Schwestern erwies sich aufgrund der niedrigen Komplikationsrate als sehr sicheres Verfahren. In einem hohen Anteil der Fälle konnte die Kapselendoskopie eine vollständige Begutachtung des Dünndarms gewährleisten. Die Erkennungsrate lag jedoch deutlich unter den Vergleichswerten der Literatur. Bei den Indikationen „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“ und „unklare Eisenmangelanämie“ wurden großteils Angiodysplasien als Blutungsquelle identifiziert.

Eine signifikante Verbesserung der Beurteilbarkeit durch die Änderungen im Vorbereitungsprotokoll konnte nicht festgestellt werden.

Um Kapselendoskopien bei Verdacht auf Morbus Crohn gezielter einsetzen zu können, wäre die Erweiterung der hausinternen Checkliste um einen aktuellen Calprotectin-Wert als notwendigen Vorbefund für die Indikation „Morbus Crohn“ zu erwägen. Zudem könnte der Zusammenhang von Blutungsquellen und der Einnahme von NSAR in einer prospektiven Studie untersucht werden, indem den Kapselendoskopie-Befunden eine ausführliche Medikamentenanamnese beigelegt wird.

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der robotisch gesteuerten Kapseln für den Magen (15, 17, 19).....	14
Tabelle 2: Technische Daten der verfügbaren Dünndarm-Kapseln (15, 17, 20, 23, 24)	15
Tabelle 3: Technische Daten der verfügbaren Kolon-Kapseln (15, 17, 19).....	15
Tabelle 4: Kapselendoskopie-Checkliste des Ordensklinikums Linz Barmherzige Schwestern ..	17
Tabelle 5: Beispiele der extraintestinalen Manifestationen bei Morbus Crohn (12).....	23
Tabelle 6: Marsh-Oberhuber-Klassifikation bei Zöliakie (44)	24
Tabelle 7: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Gesamtkollektiv	31
Tabelle 8: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Gesamtkollektiv	31
Tabelle 9: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Gesamtkollektiv	34
Tabelle 10: Aufzählung der dokumentierten Nebenbefunde im Gesamtkollektiv	36
Tabelle 11: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	37
Tabelle 12: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	37
Tabelle 13: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	39
Tabelle 14: Ergebnisse des Parameters „Hämoglobin“ im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	40
Tabelle 15: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“ ..	42
Tabelle 16: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“ ..	43
Tabelle 17: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	44
Tabelle 18: Ergebnisse des Parameters „Hämoglobin“ im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	46
Tabelle 19: Ergebnisse des Parameters „Alter“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“...	47
Tabelle 20: Ergebnisse des Parameters „BMI“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“...	47
Tabelle 21: Ergebnisse des Parameters „Dünndarmpassagezeit“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	49
Tabelle 22: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Gesamtkollektiv	52
Tabelle 23: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Gesamtkollektiv	52
Tabelle 24: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	53
Tabelle 25: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	53
Tabelle 26: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	54
Tabelle 27: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	54
Tabelle 28: 95%-Konfidenzintervalle der metrischen Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	55
Tabelle 29: 95%-Konfidenzintervalle der nominalskalierten Variablen im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	55
Tabelle 30: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Gesamtkollektiv	56

Tabelle 31: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	56
Tabelle 32: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	56
Tabelle 33: Korrelation zwischen der Beurteilbarkeit und dem Intervall ab der frühesten Kapselendoskopie im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	56
Tabelle 34: Logistische Regressionsanalyse im Gesamtkollektiv	57
Tabelle 35: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	57
Tabelle 36: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	58
Tabelle 37: Logistische Regressionsanalyse im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	58

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geschlechterverteilung im Gesamtkollektiv	31
Abbildung 2: Verteilung der Indikationen im Gesamtkollektiv	32
Abbildung 3: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Gesamtkollektiv	33
Abbildung 4: Ausgangslage der Indikationen FAP, Peutz-Jeghers-Syndrom und Zöliakie	33
Abbildung 5: Ergebnisse der Erkennung im Gesamtkollektiv	34
Abbildung 6: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Gesamtkollektiv	35
Abbildung 7: Anzahl der aufgetretenen Komplikationen im Gesamtkollektiv	35
Abbildung 8: Dichotome Auswertung der Nebentbefunde im Gesamtkollektiv	36
Abbildung 9: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“ ..	37
Abbildung 10: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	38
Abbildung 11: Anzahl der erkannten gastrointestinalen Blutungen.....	38
Abbildung 12: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	39
Abbildung 13: Dichotome Auswertung der Nebentbefunde im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	40
Abbildung 14: Verteilung der indikationsstellenden Blutungsarten im Subkollektiv „Verdacht auf gastrointestinale Blutung“	41
Abbildung 15: Die durch die Kapselendoskopie festgestellte Blutungsursache bei GI-Blutungen	41
Abbildung 16: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	42
Abbildung 17: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	43
Abbildung 18: Anzahl der erkannten gastrointestinalen Blutungen als Ursache für die Eisenmangelanämie	44
Abbildung 19: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	45
Abbildung 20: Dichotome Auswertung der Nebentbefunde im Subkollektiv „unklare Eisenmangelanämie“	46
Abbildung 21: Geschlechterverteilung im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	47
Abbildung 22: Ergebnisse der Beurteilbarkeit im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	48
Abbildung 23: Anzahl der Erkennung von Befunden, die für einen vorliegenden Morbus Crohn sprechen.....	48
Abbildung 24: Absolute Häufigkeiten der Komplettierung im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	49
Abbildung 25: Ergebnisse des Parameters „Komplikation“ im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	50
Abbildung 26: Dichotome Auswertung der Nebentbefunde im Subkollektiv „Verdacht auf Morbus Crohn“	50
Abbildung 27: Verteilung der Calprotectin-Befunde unmittelbar vor der Kapselendoskopie	51

11. Literatur

1. Akpunonu B, Hummell J, Akpunonu JD, Ud Din S. Capsule endoscopy in gastrointestinal disease: Evaluation, diagnosis, and treatment. *Cleve Clin J Med* 2022; 89(4):200–11. doi: 10.3949/ccjm.89a.20061.
2. Iddan G, Meron G, Glukhovsky A, Swain P. Wireless capsule endoscopy. *Nature* 2000; 405(6785):417. doi: 10.1038/35013140.
3. Yamamoto H, Sekine Y, Sato Y, Higashizawa T, Miyata T, Iino S et al. Total enteroscopy with a nonsurgical steerable double-balloon method. *Gastrointest Endosc* 2001; 53(2):216–20. doi: 10.1067/mge.2001.112181.
4. Waye JD. Enteroscopy. *Gastrointest Endosc* 1997; 46(3):247–56. doi: 10.1016/s0016-5107(97)70095-6.
5. Singeap A-M, Stanciu C, Trifan A. Capsule endoscopy: The road ahead. *World J Gastroenterol* 2016; 22(1):369–78. doi: 10.3748/wjg.v22.i1.369.
6. Hahn J-M. Checkliste Innere Medizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2018.
7. Aumüller G, Aust G, Engele J, Kirsch J. Anatomie. 5., korrigierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2020. (Duale Reihe).
8. Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S. Duale Reihe Physiologie. 4. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2021. (Duale Reihe).
9. Lüllmann-Rauch R, Asan E. Taschenlehrbuch Histologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019.
10. Iddan GJ, Swain CP. History and development of capsule endoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am* 2004; 14(1):1–9. doi: 10.1016/j.giec.2003.10.022.
11. Beyer A, Labonte P, Hofer C, Moog G, Schmidt C, Tappe U. Arbeitsplatz Gastroenterologische Praxis: Wissen für Medizinische Fachangestellte. 1. Auflage 2022. Berlin: Springer Berlin; Springer; 2022.
12. Arastéh K. Innere Medizin. 4., überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Thieme; 2018. (Duale Reihe).
13. Zaman A, Sheppard B, Katon RM. Total peroral intraoperative enteroscopy for obscure GI bleeding using a dedicated push enteroscope: diagnostic yield and patient outcome. *Gastrointest Endosc* 1999; 50(4):506–10. doi: 10.1016/s0016-5107(99)70073-8.
14. Yamamoto H, Kita H. Double-balloon endoscopy. *Curr Opin Gastroenterol* 2005; 21(5):573–7. doi: 10.1097/01.mog.0000176440.03280.2a.
15. Oka P, McAlindon M, Sidhu R. Capsule endoscopy - a non-invasive modality to investigate the GI tract: out with the old and in with the new? *Expert Rev Gastroenterol Hepatol* 2022; 16(7):591–9. doi: 10.1080/17474124.2022.2089113.
16. Mussetto A, Merola E, Casadei C, Salvi D, Fornaroli F, Cocca S et al. Device-assisted enteroscopy: Are we ready to dismiss the spiral? *World J Gastroenterol* 2024; 30(26):3185–92. doi: 10.3748/wjg.v30.i26.3185.
17. JINSHAN; 2024 [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://www.jinshangroup.com/product/>.

18. Locations in Japan : Worldwide Office Locations : OLYMPUS; 2024 [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://www.olympus-global.com/company/base/office.html?page=company>.
19. AnX Robotics. Products - AnX Robotics; 2023 [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://www.anxrobotics.com/products/>.
20. Capsovision. Product Specifications; 2024 [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://capsovision.com/physicians/product-specifications/>.
21. Medtronic. PillCam™-Plattform | PillCam™ | Medtronic; 2024 [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://www.medtronic.com/de-de/fachkreise/therapien-prozeduren/diagnose-und-monitoring-von-erkrankungen-des-magen-darm-trakts/pillcam-plattform.html>.
22. Park J, Cho YK, Kim JH. Current and Future Use of Esophageal Capsule Endoscopy. Clin Endosc 2018; 51(4):317–22. doi: 10.5946/ce.2018.101.
23. Capsule Endoscopy - All medical specialties [Stand: 13.09.2024]. Verfügbar unter: <https://www.olympus-europa.com/medical/en/Products-and-Solutions/Products/Product/ENDOCAPSULE-10-System.html>.
24. Spada C, piccirelli s, Hassan C, Ferrari C, Toth E, González-Suárez B et al. AI-assisted capsule endoscopy reading in suspected small bowel bleeding: a multicentre prospective study [Supplemental Material]. Lancet Digit Health 2024; 6(5):e345-e353. doi: 10.1016/S2589-7500(24)00048-7.
25. Spada C, Hassan C, Bellini D, Burling D, Cappello G, Carretero C et al. Imaging alternatives to colonoscopy: CT colonography and colon capsule. European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) and European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) Guideline - Update 2020. Endoscopy 2020; 52(12):1127–41. doi: 10.1055/a-1258-4819.
26. Cummins G. Smart pills for gastrointestinal diagnostics and therapy. Adv Drug Deliv Rev 2021; 177:113931. doi: 10.1016/j.addr.2021.113931.
27. Prout BJ. gut00620-0071 [Stand: 07.04.2025]. Verfügbar unter: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1412965/pdf/gut00620-0071.pdf>.
28. Nimble Science. SIMBA Capsule | Nimble Science; 2025 [Stand: 07.04.2025]. Verfügbar unter: https://www.nimblesci.com/simba-capsule-1?utm_source=chatgpt.com.
29. Ell C, Messmann H. KE Aufklärungsbogen: Unveröffentlichtes Dokument 2023.
30. Tabet R, Nassani N, Karam B, Shammaa Y, Akhrass P, Deeb L. Pooled Analysis of the Efficacy and Safety of Video Capsule Endoscopy in Patients with Implantable Cardiac Devices. Can J Gastroenterol Hepatol 2019; 2019:3953807. doi: 10.1155/2019/3953807.
31. Pennazio M, Rondonotti E, Despott EJ, Dray X, Keuchel M, Moreels T et al. Small-bowel capsule endoscopy and device-assisted enteroscopy for diagnosis and treatment of small-bowel disorders: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - Update 2022. Endoscopy 2023; 55(1):58–95. doi: 10.1055/a-1973-3796.
32. Cortegoso Valdivia P, Skonieczna-Żydecka K, Elosua A, Sciberras M, piccirelli s, Rullan M et al. Indications, Detection, Completion and Retention Rates of Capsule Endoscopy in Two Decades of Use: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diagnostics (Basel) 2022; 12(5). doi: 10.3390/diagnostics12051105.

33. Nemeth A, Wurm Johansson G, Nielsen J, Thorlacius H, Toth E. Capsule retention related to small bowel capsule endoscopy: a large European single-center 10-year clinical experience. *United European Gastroenterol J* 2017; 5(5):677–86. doi: 10.1177/2050640616675219.
34. Albert JG, Grün K, Sarrazin C. Untere und mittlere gastrointestinale Blutung. *Gastroenterologie up2date* 2023; 19(01):77–95. doi: 10.1055/a-1950-5126.
35. Scholz J, Gräsner J-T, Bohn A. Referenz Notfallmedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019.
36. Venerito M, Wex T, Malfertheiner P. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug-Induced Gastroduodenal Bleeding: Risk Factors and Prevention Strategies. *Pharmaceuticals (Basel)* 2010; 3(7):2225–37. doi: 10.3390/ph3072225.
37. Kim BSM, Li BT, Engel A, Samra JS, Clarke S, Norton ID et al. Diagnosis of gastrointestinal bleeding: A practical guide for clinicians. *World J Gastrointest Pathophysiol* 2014; 5(4):467–78. doi: 10.4291/wjgp.v5.i4.467.
38. Deutsche Gesellschaft fuer Haematologie und medizinische Onkologie. Eisenmangel und Eisenmangelanämie.
39. Petritsch W, Fuchs S, Berghold A, Bachmaier G, Högenauer C, Hauer AC et al. Incidence of inflammatory bowel disease in the province of Styria, Austria, from 1997 to 2007: a population-based study. *J Crohns Colitis* 2013; 7(1):58–69. doi: 10.1016/j.crohns.2012.03.012.
40. Guo A, Östensson M, Størdal K, Ludvigsson J, Mårild K. Early-Life Hygiene-Related Factors and Risk of Inflammatory Bowel Disease: A Scandinavian Birth Cohort Study. *Inflamm Bowel Dis* 2024; 30(10):1820–30. doi: 10.1093/ibd/izad257.
41. Christensen C, Knudsen A, Arnesen EK, Hatlebakk JG, Sletten IS, Fadnes LT. Diet, Food, and Nutritional Exposures and Inflammatory Bowel Disease or Progression of Disease: an Umbrella Review. *Adv Nutr* 2024; 15(5):100219. doi: 10.1016/j.advnut.2024.100219.
42. Gordon H, Minozzi S, Kopylov U, Verstockt B, Chaparro M, Buskens C et al. ECCO Guidelines on Therapeutics in Crohn's Disease: Medical Treatment. *J Crohns Colitis* 2024; 18(10):1531–55. doi: 10.1093/ecco-jcc/jjae091.
43. Adamina M, Minozzi S, Warusavitarne J, Buskens CJ, Chaparro M, Verstockt B et al. ECCO Guidelines on Therapeutics in Crohn's Disease: Surgical Treatment. *J Crohns Colitis* 2024; 18(10):1556–82. doi: 10.1093/ecco-jcc/jjae089.
44. Felber J, Bläker H, Fischbach W, Koletzko S, Laaß M, Lachmann N et al. Aktualisierte S2k-Leitlinie Zöliakie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS). *Z Gastroenterol* 2022; 60(5):790–856 [Stand: 04.01.2025]. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/021-021l_S2k_Zoeliakie_2022-05.pdf?utm_source=chatgpt.com.
45. Bonamico M, Mariani P, Thanasi E, Ferri M, Nenna R, Tiberti C et al. Patchy villous atrophy of the duodenum in childhood celiac disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2004; 38(2):204–7. doi: 10.1097/00005176-200402000-00019.
46. Henne-Bruns D. Chirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012.

47. Bald M, Biberthaler P, Blattmann C, Bosse HM, Engelmann G, Fitzke G et al. Kurzlehrbuch Pädiatrie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012.
48. Campos FG, Sulbaran M, Safatle-Ribeiro AV, Martinez CAR. Duodenal adenoma surveillance in patients with familial adenomatous polyposis. *World J Gastrointest Endosc* 2015; 7(10):950–9. doi: 10.4253/wjge.v7.i10.950.
49. Liao Z, Gao R, Xu C, Li Z-S. Indications and detection, completion, and retention rates of small-bowel capsule endoscopy: a systematic review. *Gastrointest Endosc* 2010; 71(2):280–6. doi: 10.1016/j.gie.2009.09.031.
50. Rossi RE, Zullo A, Ferretti S, Migliorisi G, Gatta L, Francesco V de et al. Diagnostic Yield of Small Bowel Videocapsule Endoscopy in Patients with Iron Deficiency Anemia. A Systematic Review and meta-analysis. *J Clin Gastroenterol* 2024; 58(10):998–1002. doi: 10.1097/MCG.0000000000001968.
51. Romeo S, Neri B, Mossa M, Riccioni ME, Scucchi L, Sena G et al. Diagnostic yield of small bowel capsule endoscopy in obscure gastrointestinal bleeding: a real-world prospective study. *Intern Emerg Med* 2022; 17(2):349–58. doi: 10.1007/s11739-021-02791-z.
52. Pennazio M, Santucci R, Rondonotti E, Abbiati C, Beccari G, Rossini FP et al. Outcome of patients with obscure gastrointestinal bleeding after capsule endoscopy: report of 100 consecutive cases. *Gastroenterology* 2004; 126(3):643–53. doi: 10.1053/j.gastro.2003.11.057.
53. Buscaglia JM, Kapoor S, Clarke JO, Bucobo JC, Giday SA, Magno P et al. Enhanced diagnostic yield with prolonged small bowel transit time during capsule endoscopy. *Int J Med Sci* 2008; 5(6):303–8. doi: 10.7150/ijms.5.303.
54. Mohan N, Jarrett S, Pop A, Rodriguez D, Dudnick R. Effect of small bowel transit time on accuracy of video capsule endoscopy in evaluating suspected small bowel bleeding. *World J Gastrointest Pharmacol Ther* 2022; 13(6):88–95. doi: 10.4292/wjgpt.v13.i6.88.
55. Rezapour M, Amadi C, Gerson LB. Retention associated with video capsule endoscopy: systematic review and meta-analysis. *Gastrointest Endosc* 2017; 85(6):1157–1168.e2. doi: 10.1016/j.gie.2016.12.024.
56. Olano C, Pazos X, Avendaño K, Calleri A, Ketzoian C. Diagnostic yield and predictive factors of findings in small-bowel capsule endoscopy in the setting of iron-deficiency anemia. *Endosc Int Open* 2018; 6(6):E688–E693. doi: 10.1055/a-0593-5915.
57. O'Hara F, McNamara D. Small-Bowel Capsule Endoscopy-Optimizing Capsule Endoscopy in Clinical Practice. *Diagnostics (Basel)* 2021; 11(11). doi: 10.3390/diagnostics11112139.
58. Sturm A, Atreya R, Bettenworth D, Bokemeyer B, Dignass A, Ehehalt R et al. Aktualisierte S3-Leitlinie „Diagnostik und Therapie des Morbus Crohn“ der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) (Version 4.1) – living guideline. *Z Gastroenterol* 2024; 62(8):1229–318. doi: 10.1055/a-2309-6123.
59. Choi CW, Lee SJ, Hong SN, Kim ER, Chang DK, Kim Y-H et al. Small Bowel Capsule Endoscopy within 6 Hours Following Bowel Preparation with Polyethylene Glycol Shows Improved Small Bowel Visibility. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13(3). doi: 10.3390/diagnostics13030469.