

Aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Kinderchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Wolfram T. Knoefel

Die Appendektomie - Eine vergleichende Analyse der laparoskopischen versus offenen minimal-access Technik

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Alexandra Carpen
2024

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Georg Flügen

Zweitgutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Christoph Roderburg

Zusammenfassung

Die akute Appendizitis gehört zu den häufigsten chirurgischen Krankheitsbildern. Als Therapie der Wahl stellt die Appendektomie (AE) somit einen der gängigsten operativen Eingriffe weltweit dar. Über die Jahre hat die Chirurgie einen großen Wandel hin zu immer weniger invasiven Verfahren durchlaufen. Die von McBurney im Jahr 1894 eingeführte konventionelle offene AE wurde inzwischen weitestgehend von der laparoskopischen AE abgelöst. Es gibt jedoch eine weniger verbreitete Sonderform der offenen AE, die sogenannte *minimal-access* AE, die über einen einzigen 2-3 cm langen Schnitt einen deutlichen kosmetischen Vorteil erzielt und die bekannten Risiken einer laparoskopischen Intervention umgeht. Diese Technik wird am Universitätsklinikum Düsseldorf seit mehreren Jahren routinemäßig bei unkomplizierten Appendizitiden eingesetzt. Ziel dieser Arbeit ist es, die *minimal-access* AE mit der laparoskopischen AE hinsichtlich des postoperativen Outcomes zu vergleichen, um herauszufinden, welche Patientengruppen für jeden dieser Eingriffe am besten geeignet sind.

In dieser retrospektiven Studie wurden 658 volljährige Patienten analysiert, die in dem Zeitraum von 2010 bis 2021 am Universitätsklinikum Düsseldorf eine Appendektomie erhielten. Diese wurden nach dem angewandten operativen Verfahren in verschiedene Kategorien eingeteilt und hinsichtlich folgender Faktoren näher untersucht: Geschlecht und Alter, Klinik bei Aufnahme, Bildgebung, Laborwerte, Body-Mass-Index (BMI), *modified* Alvarado-Score, postoperative Komplikationen und Liegedauer. Der Fokus wurde anschließend auf die Patienten der zwei prädominanten Subgruppen gelegt – der laparoskopischen AE und der offenen, *minimal-access* AE. Die statistische Analyse erfolgte mittels IBM SPSS Statistics, Microsoft Excel und GraphPad Prism.

Die klinische Manifestation der akuten Appendizitis – entsprechend des *modified* Alvarado-Scores – ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Subgruppen. Die laparoskopisch appendektomierten Patienten hatten im Durchschnitt einen höheren BMI-Wert (28 kg/m²) und waren zu 60,8% weiblich, während die *minimal-access*-Gruppe einen durchschnittlichen BMI-Wert von 25 kg/m² zeigte und die Geschlechterverteilung mit 59,9% zugunsten der männlichen Patienten ausfiel. Bezüglich des postoperativen Verlaufs – definiert über die Komplikationsrate nach Clavien-Dindo – wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Verfahren festgestellt. Auch in der Liegedauer ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Subgruppen ($p = 0,5064$).

Die offene *minimal-access* AE stellt vor allem für schlanke Patienten (BMI-Wert < 25 kg/m²) mit eindeutiger Klinik einer akuten Appendizitis hinsichtlich des postoperativen Outcomes eine sichere, weniger invasive und dadurch kosmetisch ansprechendere Alternative zur laparoskopischen AE dar.

Abstract

Acute appendicitis is one of the most common surgical diagnoses. As treatment of choice, the appendectomy (AE) thus represents one of the most well-known surgical procedures worldwide. Over the years, the surgical field has undergone a major shift toward less and less invasive procedures. The conventional open appendectomy introduced by McBurney in 1894 has now been largely replaced by the laparoscopic appendectomy. However, there is another technique of open AE called minimal-access AE, which can achieve a significant cosmetic advantage in comparison to the laparoscopic approach via a single 2-3 cm incision, as well as avoid some common risks of laparoscopic surgery. This technique has been routinely used for uncomplicated appendicitis at the University Hospital Düsseldorf for several years. The aim of this study is to compare the laparoscopic AE with the minimal-access AE in terms of postoperative outcome and to determine distinct patient groups that are suitable for each of these techniques.

In this retrospective study, 658 adult patients who underwent an appendectomy at the University Hospital Düsseldorf between 2010 and 2021 were analysed. These were divided into different categories according to the surgical procedure used and examined in more detail with regard to the following factors: sex and age, clinical presentation on admission, imaging, laboratory results, BMI, modified Alvarado score, postoperative complications, and length of stay. The focus was then placed on patients in the two predominant subgroups: laparoscopic AE and open minimal-access AE. Statistical analysis was performed using SPSS, Microsoft Excel, and Graphpad Prism.

The clinical manifestation of acute appendicitis – according to the modified Alvarado score – showed no significant difference between the two subgroups. Patients that underwent laparoscopic appendectomy had a higher average BMI (28 kg/m²) and were 60.8% female, whereas the minimal-access group showed an average BMI of 25 kg/m² and the gender distribution was 59.9% in favour of male patients. Regarding the postoperative outcome – defined by the Clavien-Dindo rate of complications – no significant differences were found between the two procedures. The length of stay was one day longer in the minimal-access group than in the laparoscopic AE group [5d vs. 4d], which does not represent a significant difference.

Open minimal-access AE is a safe, less invasive and thus more cosmetically appealing alternative to laparoscopic AE, especially for patients with a BMI < 25 kg/m² and an obvious clinic of acute appendicitis.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomische Darstellung des Caecums mit der Appendix vermiformis	3
Abb. 2: Gefäßversorgung des Caecalpols	4
Abb. 3: Histologische Darstellung der Appendix vermiformis	5
Abb. 4: Appendizitiszeichen	10
Abb. 5: Sonographische Darstellung einer entzündeten Appendix vermiformis	14
Abb. 6: Darstellung der Schnittlänge einer minimal-access Appendektomie.....	19
Abb. 7: Schematische Darstellung der Subgruppeneinteilung	23
Abb. 8: Prozentuale Darstellung der ICD-10 Diagnosen der akuten Appendizitis innerhalb des Gesamtkollektivs.....	29
Abb. 9: Altersverteilung der akuten Appendizitis im Gesamtkollektiv.....	30
Abb. 10: Geschlechterverteilung in Abhängigkeit des Alters.....	31
Abb. 11: Prozentuale Darstellung der einzelnen OP-Verfahren im Gesamtkollektiv.....	32
Abb. 12: Altersverteilung innerhalb der Subgruppen	34
Abb. 13: Vergleich der OP-Verfahren hinsichtlich des BMI-Wertes der Patienten.	35
Abb. 14: Höhe des präoperativen CRP-Wertes der Patienten der beiden Subgruppen	36
Abb. 15: Höhe des Leukozyten-Wertes der Patienten der beiden Subgruppen.....	36
Abb. 16: Prozentuale Verteilung des modified Alvarado-Scores.....	37
Abb. 17: Prozentuale Verteilung des histologischen Schweregrades der akuten Appendizitis in den jeweiligen Subgruppen	38
Abb. 18: Korrelation des histologischen Schweregrades mit dem modified Alvarado- Score.....	39
Abb. 19: Verteilung der postoperativen Komplikationen nach Clavien-Dindo.....	40
Abb. 20: Liegedauer der Subgruppen im Vergleich	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stadien der akuten Appendizitis	7
Tabelle 2: Modified Alvarado-Score.....	12
Tabelle 3: Weiteres Vorgehen in Abhängigkeit des Alvarado-Scores.....	12
Tabelle 4: ICD-10-Kodierungen der akuten Appendizitis nach WHO (2018).....	21
Tabelle 5: Subgruppeneinteilung anhand des durchgeführten operativen Verfahrens	23
Tabelle 6: Histologischer Schweregrad der akuten Appendizitis mit entsprechender Kennziffer.....	26
Tabelle 7: Einteilung postoperativer Komplikationen modifiziert nach Clavien-Dindo.....	27
Tabelle 8: Verteilung der Patienten nach der ICD-10-Klassifikation der WHO	28
Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Subgruppen	33
Tabelle 10: Bildgebendes Verfahren in Abhängigkeit vom BMI-Wert	34

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie (latein Arteria)
AE	Appendektomie
BMI	Body-Mass-Index
CRP	C-reaktives-Protein
CT	Computertomographie
GALT	gut-associated-lymphatic-tissue
h	hours
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases
Lnn.	Nodi lymphatici
M	männlich
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
UKD	Universitätsklinikum Düsseldorf
W	weiblich

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Epidemiologie der akuten Appendizitis	1
1.2 Anatomie und Physiologie der Appendix vermiformis	2
1.3 Ätiopathogenese.....	6
1.4 Stadien der akuten Appendizitis.....	7
1.5 Diagnostik	8
1.5.1 Symptomatik	9
1.5.2 Klinische Untersuchung	9
1.5.3 Laborchemische Parameter.....	10
1.5.4 Alvarado-Score	11
1.5.5 Bildgebung	13
1.6 Therapie.....	16
1.6.1 Konventionell offene versus laparoskopische Appendektomie.....	16
1.6.2 Minimal-access Appendektomie	18
1.7 Ziele der Arbeit	20
2 Methodik	21
2.1 Studiendesign.....	21
2.2 Patientenkollektiv	22
2.2.1 Ausschlusskriterien.....	22
2.2.2 Subgruppeneinteilung.....	22
2.3 Ausgewertete Parameter.....	24
2.3.1 Anamnestische Angaben	24
2.3.2 Körperliche Untersuchung	24
2.3.3 Labor- und Urindiagnostik	25
2.3.4 Apparative Diagnostik.....	25
2.3.5 Art der Intervention.....	25
2.3.6 OP-Befund	26
2.3.7 Histopathologischer Befund	26
2.3.8 Mikrobiologischer Befund	27
2.3.9 Komplikationen nach Clavien-Dindo	27
2.3.10 Dauer der stationären Behandlung/Liegedauer	27
3 Ergebnisse	28
3.1 Deskriptive Statistik des Gesamtkollektivs	28
3.1.1 Allgemein	28
3.1.2 Alters- und Geschlechterverteilung	29
3.1.3 Symptomatik und körperlicher Untersuchungsbefund	31
3.1.4 Entzündungswerte	31
3.1.5 Chirurgische Therapie	32
3.2 Subgruppenanalyse (Offene vs. Laparoskopische Appendektomie)	33
3.2.1 Übersicht.....	33
3.2.2 Altersverteilung.....	34

3.2.3	BMI-Wert	34
3.2.4	Entzündungswerte	36
3.2.5	Modified Alvarado-Score	37
3.2.6	Histopathologischer Befund des Appendix-Präparates	38
3.2.7	Komplikationsrate nach Clavien-Dindo.....	39
3.2.8	Liegedauer	40
4	Diskussion.....	41
4.1	Methodik	41
4.2	Patientenkollektiv	41
4.3	Erhobene Parameter und Einflussfaktoren	42
4.3.1	Alters- und Geschlechterverteilung	42
4.3.2	Aufnahmebefunde	43
4.3.3	BMI-Wert	45
4.3.4	Modified Alvarado-Score	46
4.3.5	OP-Verfahren	47
4.3.6	Verteilung der histologischen Befunde	47
4.3.7	Postoperative Komplikationen und Liegedauer	48
4.3.8	Schlussfolgerung	49
5	Literatur- und Quellenverzeichnis	51
6	Danksagung.....	60

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie der akuten Appendizitis

Mit einer Inzidenz von etwa 100/100.000 Einwohnern pro Jahr (Ohmann *et al.*, 2002), stellt die akute Appendizitis das häufigste abdominelle Krankheitsbild der Chirurgie dar (Peiper, 2006). Das Risiko im Laufe des Lebens an einer Appendizitis zu erkranken, liegt im Durchschnitt bei 7 – 8% (Schrempf & Anthuber, 2018; Germer, 2019). Als Therapiestandard gehört die Appendektomie (AE) zu den am häufigsten durchgeführten Operationen (OP) überhaupt (Mason, 2008; Bhangu *et al.*, 2015) und ist weltweit sogar der häufigste viszeralchirurgische Eingriff (Braun & Kirschniak, 2017). Pro Jahr finden allein in Deutschland über 130.000 Appendektomien statt (Büchler & Wente, 2009; Reissfelder *et al.*, 2009).

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich zahlreiche Studien mit den Unterschieden in der demographischen Verteilung dieses Krankheitsbildes befasst (Addiss *et al.*, 1990; Ohmann *et al.*, 2002; Anderson *et al.*, 2012). Eine im Jahr 1990 durchgeführte epidemiologische Analyse von Addiss *et al.* bestätigte den lange bekannten Häufigkeitsgipfel dieser Erkrankung im Alter von 10-19 Jahren (Addiss *et al.*, 1990; Sülberg *et al.*, 2009). In mehreren Studien konnte allerdings eine im zeitlichen Verlauf zunehmende Verschiebung der Altersverteilung beobachtet werden. Drei deutsche Beobachtungsstudien aus den Jahren 1988/89, 1996/97 und 2008/09 ergaben über diese Zeitspanne hinweg einen deutlichen Anstieg des Durchschnittsalters der untersuchten Patienten von initial 25,7 Jahren auf 34,6 Jahren (Sahm *et al.*, 2013). Weitere Publikationen unterstützen diese Annahme und legen nahe, dass im Zusammenhang mit dieser Tendenz auch die ältere Population zunehmend von einer Appendizitis betroffen ist (Buckius *et al.*, 2012; Segev *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2019). Möglicherweise sei dies dem demographischen Wandel und der damit einhergehenden Alterung der Bevölkerung zuzuschreiben (Becker & Höfler, 2002; Segev *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2019).

Obwohl Männer in jeder Altersgruppe häufiger an einer akuten Appendizitis erkranken als Frauen, hat sich gezeigt, dass bei Frauen etwa doppelt so häufig eine Appendektomie durchgeführt wird (Addiss *et al.*, 1990). Diese deutliche Diskrepanz zwischen der Appendizitis- und Appendektomierate ergibt sich durch sogenannte negative Appendektomien, also als Appendizitis fehlinterpretierte Symptomatik, die zu einer nicht

notwendigen operativen Entfernung der Appendix führt (Addiss *et al.*, 1990). Zum Nachweis einer Pathologie der Appendix vermiformis ist hierbei der histologische Befund des Appendektomie-Präparates entscheidend. Ein Hauptgrund für die höhere Rate negativer Appendektomien bei Frauen ist die hohe Anzahl gynäkologischer Differentialdiagnosen, die eine starke Ähnlichkeit zur Symptomatik einer Appendizitis haben können und daher oftmals als Appendizitis fehldiagnostiziert werden (Addiss *et al.*, 1990). Dadurch ergibt sich ein relevanter volkswirtschaftlicher Schaden (Jauch *et al.*, 2013). Insgesamt liegt die Rate negativer Appendektomien in der Literatur bei 15-20% und zeigt eine rückläufige Tendenz (Charfi *et al.*, 2014; Awayshih *et al.*, 2019).

Neben Alter und Geschlecht konnten zudem verschiedene Studien zeigen, dass auch die ethnische Zugehörigkeit einen Einfluss auf die Inzidenz der Appendizitis hat. So wird von zahlreichen Autoren eine erhöhte Inzidenzrate in der weißen und hispanischen Bevölkerung im Gegensatz zur dunkelhäutigen und asiatischen Population beschrieben (Luckmann & Davis, 1991; Anderson *et al.*, 2012). Eine genaue Ursache hierfür ist bislang nicht bekannt, doch man geht davon aus, dass es sich hierbei um ein multifaktorielles Geschehen handelt (Ohmann *et al.*, 2002).

1.2 Anatomie und Physiologie der Appendix vermiformis

Die Appendix vermiformis ist ein blind endender Anhang des Caecums, welches den ersten Abschnitt des Dickdarms darstellt und im rechten Unterbauch in der sogenannten Fossa iliaca dexter lokalisiert ist (siehe Abb. 1). Normalerweise ist diese etwa 10 cm lang und 6 mm dick, kann jedoch in ihrer Länge zwischen 2 cm und 19 cm stark variieren. Zahlreiche Variationen zeigen sich auch in der Lage dieses Organs. Dieses ist zwar in den meisten Fällen (65%) retrocaecal positioniert, kann allerdings auch in das kleine Becken absteigen (31%), parakolisch, prä- oder retroileal liegen (Christ, 2008). Im Falle einer kongenitalen Malrotation des Intestinaltraktes kann die Appendix in seltenen Fällen auch subhepatisch oder sogar im linken Unterbauch liegen (Evola *et al.*, 2022; Feeney *et al.*, 2022).

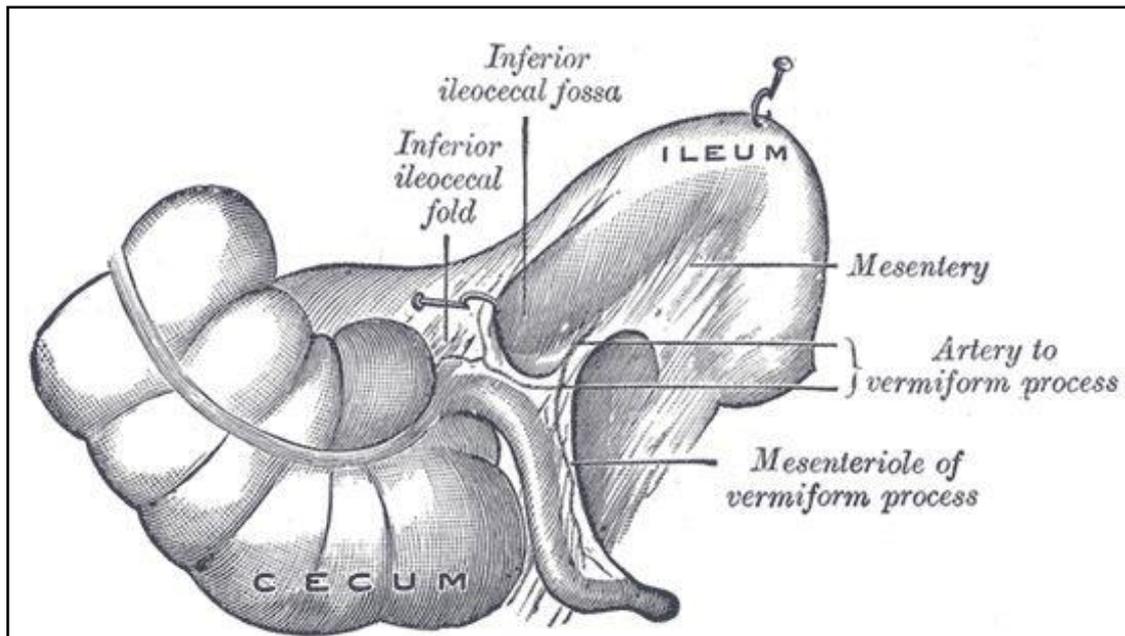


Abb. 1: Anatomische Darstellung des Caecums mit der Appendix vermiformis (Gray, 1918)

Je nach Lage der Appendix vermiformis, kann das klinische Erscheinungsbild einer akuten Appendizitis von der typischen Symptomatik abweichen und die Differentialdiagnostik erschweren (Mohammadi *et al.*, 2017). Betrachtet man die Peritonealverhältnisse, so kann die Appendix vermiformis sowohl intra- als auch retroperitoneal gelegen sein. Bei intraperitonealer Lage besitzt das Organ ein eigenes Mesenterium, die sogenannte Mesoappendix, in dem die versorgenden Gefäße verlaufen. Liegt die Appendix vermiformis hingegen retroperitoneal, so fehlt die Mesoappendix. Die Blutversorgung der Appendix erfolgt über die Arteria (A.) appendicularis, ein Ast der A. ileocolica, die aus der A. mesenterica superior stammt (siehe Abb. 2). Eine Besonderheit der Blutversorgung stellt die Tatsache dar, dass es sich bei der A. appendicularis um eine Endarterie handelt, deren Zweige nicht untereinander in Form von Arkaden anastomosieren (Christ, 2008). Dies hat zur Folge, dass die Perfusion bei Bedarf (zum Beispiel im Rahmen einer Entzündung) nicht gesteigert werden kann und sich rasch eine Ischämie entwickelt (Stelzner & Lierse, 1972; Becker & Höfler, 2002). Die Lymphe aus dem Bereich des Caecums und der Appendix vermiformis wird über die Nodi lymphatici (Lnn.) ileocolici in die zentralen Mesenteriallymphknoten drainiert (Christ, 2008).

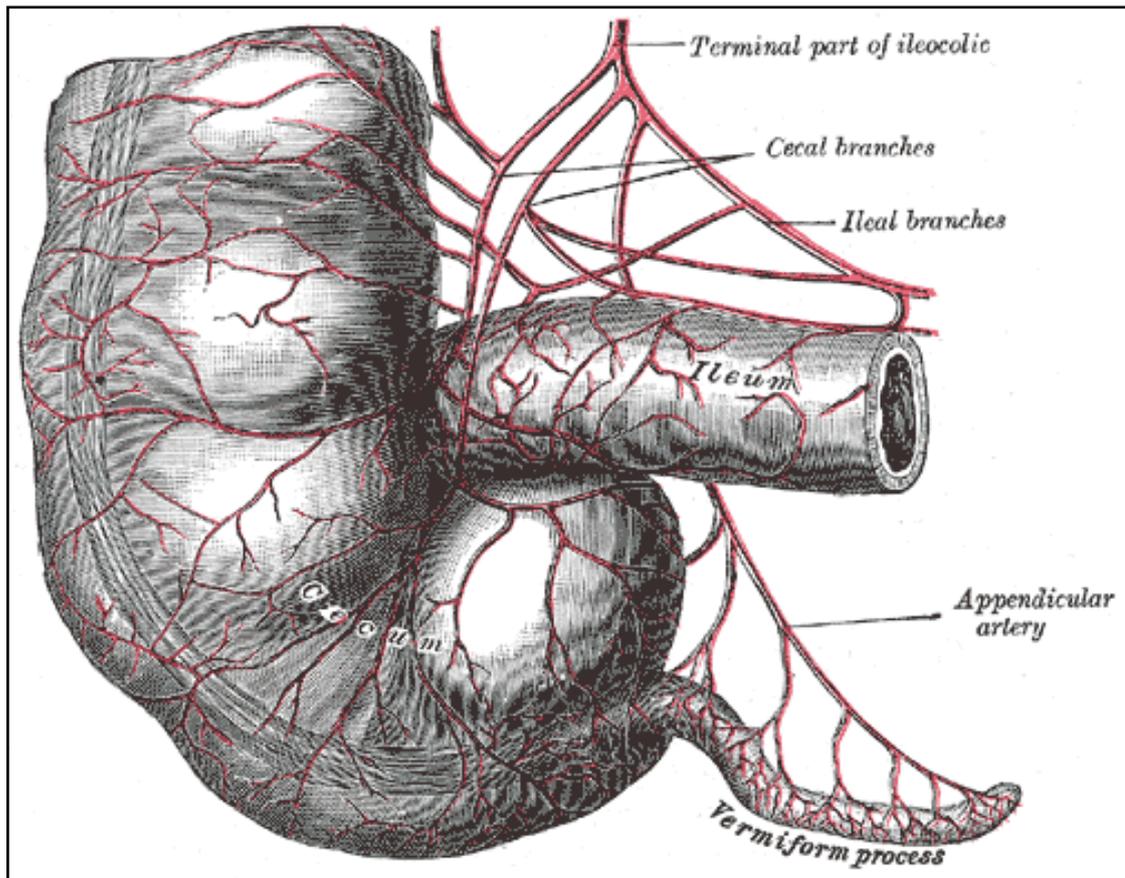


Abb. 2: Gefäßversorgung des Caecalpols (Gray, 1918)

Aus histologischer Sicht ähnelt die Appendix vermiformis bis auf wenige Ausnahmen dem restlichen Dickdarm. Der für den Gastrointestinaltrakt typische Wandaufbau aus Tunica mucosa, submucosa und muscularis ist auch in der Appendix vermiformis wiederzufinden. Dennoch weist die Appendix vermiformis einige Besonderheiten auf: Die drei getrennt verlaufenden Tănien des Dickdarms konvergieren hier zu einer einheitlichen Längsmuskelschicht. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Appendix einen unmittelbaren Fortsatz des Caecums darstellt, welcher vermutlich durch eine verlangsamte Wachstumsgeschwindigkeit im Rahmen der Entwicklung in seiner Lage und Größe stagniert (Christ, 2008).

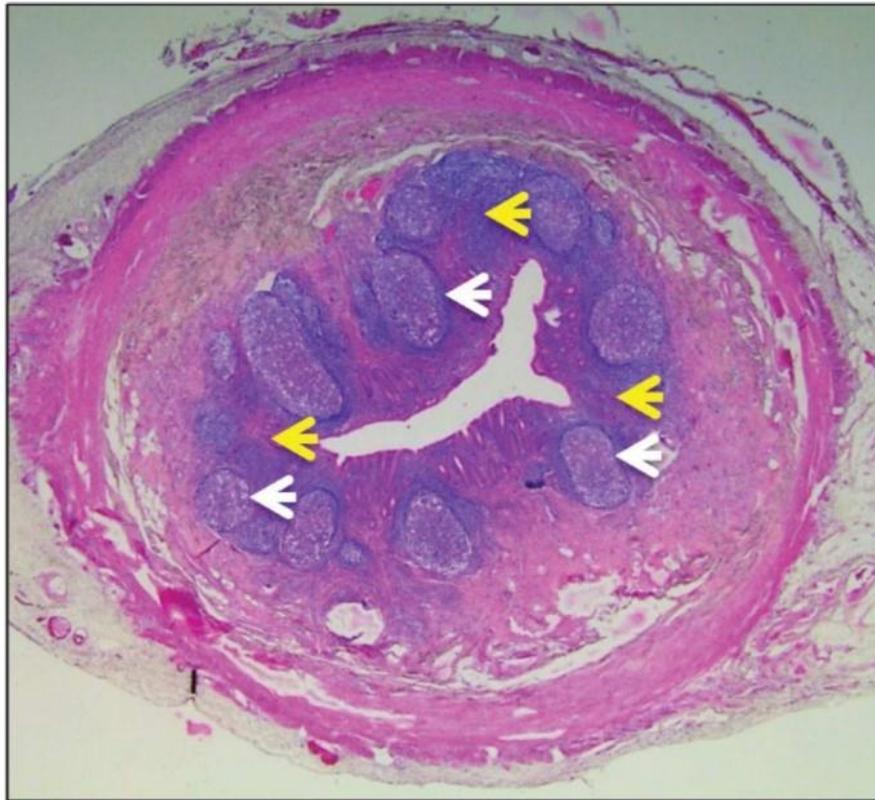


Abb. 3: Histologische Darstellung der Appendix vermiformis (Faßbender, 2017). Die weißen Pfeile markieren die Lymphfollikel, die gelben Pfeile zeigen die Bereiche der T-Lymphozyten an.

Jahrzehntlang war die funktionelle Bedeutung der Appendix vermiformis unbekannt. Man nahm lange Zeit an, dass es sich bei diesem Organ um ein Rudiment des Dickdarms handelt, welches keine bestimmte Funktion übernimmt (Laurin *et al.*, 2011). Aktuell wird vermutet, dass das Mikrobiom der Appendix von Bedeutung für die Wiederherstellung der Darmflora nach durchlaufenen gastrointestinalen Infekten sei (Kooij *et al.*, 2016). Unterstützt wird diese Annahme dadurch, dass die Appendix vermiformis aufgrund ihrer Lage, Form und der Größe ihres Lumens wenig Kontakt zu den Fäzes hat und dadurch ihr eigenes Mikrobiom von der Darmpassage weitestgehend unbeeinflusst bleibt. Von diesem Mikrobiom ausgehend, kann sich beispielsweise nach einem Infekt die restliche Darmflora wiederherstellen (Im *et al.*, 2011; Laurin *et al.*, 2011). Am Beispiel der Infektion mit *Clostridium difficile* haben Im *et al.* in ihrer Studie zeigen können, dass das Vorhandensein der Appendix vermiformis nach erfolgreicher Behandlung das Risiko eines Rezidivbefalls mit diesem Keim deutlich reduziert (Im *et al.*, 2011). Des Weiteren deutet das Vorkommen zahlreicher Lymphfollikel in der Appendixwand (siehe Abb. 3) darauf hin, dass die Appendix vermiformis als Teil des sogenannten gut-associated-lymphoid-tissue (GALT) eine Rolle im Rahmen der Immunabwehr spielt.

1.3 Ätiopathogenese

Die genauen Ursachen der Entstehung einer Appendizitis sind trotz fortlaufender Forschung noch weitestgehend unbekannt (Addiss *et al.*, 1990). Es gibt jedoch verschiedene Risikofaktoren und Mechanismen, die dieses Krankheitsbild möglicherweise begünstigen können. Eine von zahlreichen Autoren beschriebene Hypothese für die Entstehung einer akuten Appendizitis ist die Obstruktion des Appendixlumens. Ursächlich hierfür können retinierter Stuhl in Form kleiner Kotsteine (sogenannte Appendikolithen), Narbenstenosen, eine Hyperplasie der Lymphfollikel oder Tumore sein (Becker & Höfler, 2002; Bhangu *et al.*, 2015; D'Souza & Nugent, 2016). Die daraus resultierende intraluminale Sekretretention hat zur Folge, dass der Druck im Organinneren ansteigt, wodurch die versorgenden Gefäßäste komprimiert werden (D'Souza & Nugent, 2016). Da die *A. appendicularis* als Endarterie keine Anastomosen oder Arkaden bildet, kann im Rahmen einer Obstruktion die Blutversorgung der Appendix nicht mehr gewährleistet werden, was zu einer Ischämie führen kann (Becker & Höfler, 2002). Im Lumen befindliche Darmbakterien können schließlich die ischämisch geschädigte Appendixwand durchwandern und eine transmurale Entzündung auslösen, die sich unbehandelt bis hin zur Perforation und Peritonitis entwickeln kann (D'Souza & Nugent, 2016). Zeichen einer Obstruktion als Ursache der akuten Appendizitis konnten allerdings in einer von (Arnbjörnsson & Bengmark, 1983) durchgeführten Studie nur in wenigen Fällen nachgewiesen werden. Von anderer Seite wird vermutet, dass die im Lumen ablaufende Entzündung die Entstehung einer Obstruktion bedingt (Arnbjörnsson & Bengmark, 1983). Tierexperimentelle Arbeiten legen nahe, dass eine Obstruktion des Lumens jedoch sehr wahrscheinlich zu einer Entzündung der Appendix führt. Dies wurde in einer Studie analysiert, in der das Appendixlumen von 21 Kaninchen mittels eines Ballonkatheters künstlich obstruiert wurde. Nach einer Wartezeit von etwa zwölf Stunden stellte man in der Autopsieuntersuchung fest, dass bei 15 der 21 Kaninchen entzündliche Veränderungen der Appendixwand nachweisbar waren, die denen des Menschen ähnelten (Pieper *et al.*, 1982). Auch wenn der kausale Ablauf demnach nicht vollständig geklärt ist, scheint ein Zusammenhang von Entzündung und luminaler Obstruktion sehr wahrscheinlich

Auch bakterielle, virale oder parasitäre gastrointestinale Infekte werden als mögliche Ursache einer Appendizitis in Betracht gezogen. Erreger können über einen direkten Schleimhautschaden zu einer Entzündung der Appendix führen (Becker & Höfler, 2002), oder aber auf indirektem Wege eine reaktive Hyperplasie der Lymphfollikel in der

Appendixwand auslösen, die wiederum eine Obstruktion des Lumens zur Folge haben kann (D'Souza & Nugent, 2016). Bei den bakteriellen Infekten handelt es sich in der Regel um endogen entstandene Infektionen, die von Erregern der körpereigenen Darmflora verursacht werden. Zu den häufigsten Keimen gehören *Bacterioides* Spezies, *Echerischia coli* und Streptokokken. Jedoch können auch von exogen, beispielsweise über Lebensmittel aufgenommene Keime wie *Campylobacter*- Spezies oder Yersinien, einen Schleimhautschaden und eine damit einhergehende Appendizitis verursachen. Als virale Erreger werden das Zytomegalievirus, das Eppstein-Barr-Virus als auch Maserninfektionen mit entzündlichen Vorgängen der Appendix in Zusammenhang gebracht. Des Weiteren werden vor allem im Kindesalter häufige vorkommende Wurmerkrankungen z.B. durch den Fadenwurm *Enterobius vermicularis* als mögliche Ursache für die Entstehung eines Schleimhautschadens angesehen, welcher eine Appendizitis bedingen könnte (Becker & Höfler, 2002).

1.4 Stadien der akuten Appendizitis

Tabelle 1: Stadien der akuten Appendizitis modifiziert nach Becker & Höfler, 2002; Gehring *et al.*, 2014

Stadium	Makroskopische Veränderungen	Mikroskopische Veränderungen	Zeitfenster nach Symptombeginn in Stunden (h)
Katarrhalisch	Verstärkte Gefäßzeichnung der Serosa	granulozytäres Schleimhautinfiltrat	6 h
Phlegmonös	Appendix dunkelrot und verdickt	Granulozyteninfiltrate in allen Wandschichten	
Ulcerophlegmonös	Multiple Schleimhautdefekte	Serosa fibrinös-eitrig belegt; diffuses Infiltrat der Appendixwand	12-48 h
Gangränös	Schwarzrot bis graugrün verfärbte Appendix	Nekrosen	>74 h
Perityphlitischer Abszess oder freie Perforation	Austritt von Appendixinhalt	Nekrosen und dicht gelagerte Granulozyten	

1.5 Diagnostik

Trotz der hohen Inzidenzrate der akuten Appendizitis und der zunehmenden Verbreitung moderner bildgebender Verfahren als auch klinischer Scoring-Systeme, bestehen weiterhin Unsicherheiten in der diagnostischen Herangehensweise. International betrachtet gibt es kein einheitliches Schema im Rahmen der Diagnostik einer akuten Appendizitis, was zu großer Variation in den Behandlungspfaden führt und auch das jeweilige Outcome schwer vergleichbar macht (Bhangu *et al.*, 2015).

Besondere Schwierigkeiten in der Diagnostik ergeben sich bei älteren Patienten, welche aufgrund einer im Alter zunehmenden Dysfunktionalität der nozizeptiven Wahrnehmung (Cibert-Goton *et al.*, 2020) und eines abgeschwächten Immunsystems (Hanisch, 2005), eine meist atypische oder geringer ausgeprägte Symptomatik aufweisen (Cibert-Goton *et al.*, 2020). Des Weiteren hat die Vielzahl möglicher Differentialdiagnosen oftmals zur Folge, dass eine Appendizitis nicht rechtzeitig in Betracht gezogen wird und diese Patienten erst mit zeitlicher Verzögerung die korrekte Diagnose erhalten (Sülberg *et al.*, 2009). Eine verzögerte Diagnosestellung begünstigt einen komplizierten Verlauf und korreliert mit einer höheren Letalität (Sülberg *et al.*, 2009). Jedoch besteht auch in den anderen Altersgruppen die Gefahr, dass eine nicht rechtzeitig diagnostizierte und behandelte Appendizitis zu einer Perforation des Organs führt, welche wiederum oftmals einen längeren Krankenhausaufenthalt und eine erhöhte Morbidität zur Folge hat (Zielke, 2002). Nicht nur eine verspätete Diagnose bewirkt einen Anstieg der Morbidität und Liegedauer, auch ein unnötig durchgeführter Eingriff aufgrund einer Fehldiagnose stellt für die betroffenen Patienten ein vermeidbares Risiko dar (Flum & Koepsell, 2002). Die Rate dieser sogenannten negativen Appendektomien ist variabel und beträgt in der Literatur zwischen 10-34% (Kabir *et al.*, 2017). Es wird gefolgert, dass eine sowohl zügige als auch korrekte Diagnosestellung für die Optimierung der Behandlung einer Appendizitis unerlässlich ist. Omari *et al.* zufolge ist vor allem bei älteren Patienten die Durchführung einer Computertomographie (CT) eine sinnvolle Ergänzung und erhöht die Sicherheit der Diagnosestellung (Omari, 2014).

1.5.1 Symptomatik

Die Klinik der akuten Appendizitis ist in der Regel charakterisiert durch einen mehrphasigen und rasch progressiven Verlauf (Peiper, 2006). Der abdominelle Schmerz stellt das klassische Leitsymptom der akuten Appendizitis dar (Lee *et al.*, 2001; Humes & Simpson, 2012) und ist häufig sowohl mit Appetitlosigkeit, Übelkeit und Erbrechen als auch mit einer erhöhten Körpertemperatur assoziiert (Zielke, 2002; Harrison & Benziger, 2012). Da zunächst nur das viszerale Peritoneum von der Entzündung betroffen ist, wird der Schmerz initial als diffus wahrgenommen (meist im Epigastrium oder periumbilikal). Erst im weiteren Verlauf, wenn die Entzündung auch auf das parietale Peritoneum übergeht, ist der Schmerz punktuell im rechten Unterbauch lokalisierbar (Peiper, 2006; Humes & Simpson, 2012). Diese sogenannte Schmerzwanderung tritt zwar nur in 50% der Fälle im Rahmen einer Appendizitis auf (Old *et al.*, 2005; Humes & Simpson, 2012), hat jedoch unter den Symptomen der Appendizitis den höchsten positiv prädiktiven Wert (Lee *et al.*, 2001).

Die Ausprägung dieser typischen Symptomatik ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die anatomischen Lagevariationen und die dadurch hervorgerufene Mitreaktion der benachbarten Strukturen spielen eine große Rolle in der Lokalisation und Projektion der Schmerzen (Humes & Simpson, 2012). Dies sollte auch im Rahmen einer Schwangerschaft in Betracht gezogen werden, da die Appendix in ihrer Position im Abdomen verlagert wird (Hanisch, 2005). Auch das höhere Lebensalter und eine Immunsuppression haben einen Einfluss auf die klinische Manifestation der akuten Appendizitis. So zeigt sich bei diesen beiden Patientenpopulationen eine abgeschwächte (Hanisch, 2005), teils atypische Symptomatik (Andric *et al.*, 2020).

1.5.2 Klinische Untersuchung

Seit jeher ist die Diagnosestellung der akuten Appendizitis die Domäne der klinischen Untersuchung (Hanisch, 2005; Humes & Simpson, 2012). Etwa 80% der Appendizitiden werden ausschließlich anhand der Anamnese und körperlichen Untersuchung korrekt diagnostiziert (Birnbaum & Wilson, 2000; Old *et al.*, 2005). Als wichtigste Pfeiler der klinischen Herangehensweise wurden über die Jahrzehnte verschiedene klinische Zeichen definiert, die im Rahmen der körperlichen Untersuchung abgeprüft werden können und welche auch im Hinblick auf unterschiedliche Lagevarianten und Stadien von unterschiedlicher Sensitivität und Spezifität sind (Humes & Simpson, 2012).

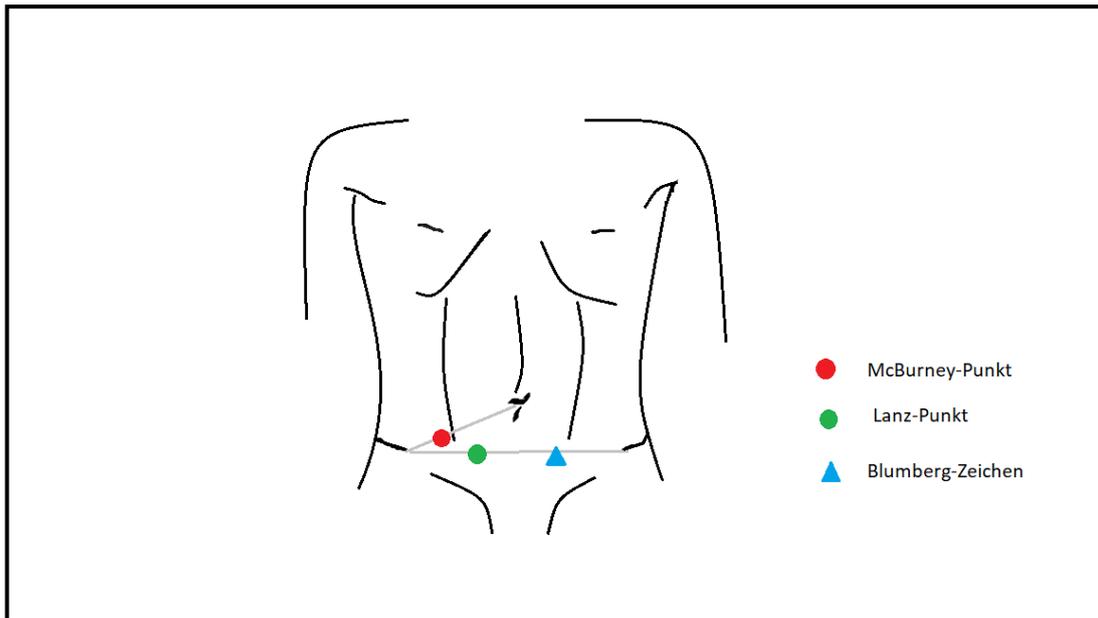


Abb. 4: Appendizitiszeichen. Die Abbildung zeigt die Lokalisation der wichtigsten Druckpunkte (McBurney, Lanz und Blumberg), die im Rahmen der abdominalen Untersuchung bei Verdacht auf eine akute Appendizitis getestet werden.

Die wohl bekanntesten Appendizitis Druckpunkte sind in Abb. 4 zu sehen. Der McBurney-Punkt liegt im ersten Drittel der gedachten Linie zwischen der rechten Spina iliaca anterior superior und dem Bauchnabel. Der Lanz-Punkt befindet sich im lateralen Drittel zwischen den beiden Spinae iliacae anteriores superiores. Als Blumberg-Zeichen wird der Loslassschmerz bezeichnet, welcher im Bereich der Appendix entsteht, wenn die kontralaterale Palpation abrupt beendet wird. Des Weiteren gibt es noch das Rovsing-Zeichen, bei dem durch retrogrades Ausstreichen des Kolons, im rechten Unterbauch Schmerzen auftreten. Vor allem bei retrocaecaler Lage der Appendix kann auch durch Hüftbeugung gegen Widerstand ein Schmerzreiz im rechten Unterbauch hervorgerufen werden, das sogenannte Psoas-Zeichen. (Téoule *et al.*, 2020)

1.5.3 Laborchemische Parameter

Im Regelfall kann die Diagnose einer Appendizitis allein durch eine gründliche Anamnese und körperliche Untersuchung gestellt werden (Al-Abed *et al.*, 2015). Primäres Ziel der Laboruntersuchung ist daher nicht die Bestätigung der Diagnose, sondern vielmehr die Abschätzung des Schweregrades der Appendizitis (Zielke, 2002).

Da es keinen spezifischen Marker für die Diagnose einer Appendizitis gibt, kommen im Rahmen der Standarddiagnostik die klassischen Entzündungsparameter – C-reaktives Protein (CRP) und Leukozytenzahl – zur Anwendung (Al-Abed *et al.*, 2015).

Obwohl die Entzündungswerte einzeln betrachtet eine geringe Aussagekraft haben, erreichen diese in ihrer Gesamtheit einen hohen prädiktiven Wert (Andersson, 2004; Snyder, 2018; Kim *et al.*, 2019). Bei einer Erhöhung dieser Parameter steigt die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Appendizitis an (Andersson, 2004), liegen die Werte im Normbereich, kann eine Appendizitis jedoch nicht sicher ausgeschlossen werden (Peiper, 2006; Kim *et al.*, 2019).

1.5.4 Alvarado-Score

Der Alvarado-Score wurde als klinisches Scoring-System im Jahr 1986 in Philadelphia veröffentlicht, mit dem Ziel das komplexe und oft zu Symptombeginn undeutliche Bild einer akuten Appendizitis im Frühstadium zu erkennen und somit die Morbidität und Mortalität, als auch die Rate negativer Appendektomien zu senken. Der Score setzt sich zusammen aus insgesamt acht prädiktiven Faktoren, zu denen drei appendizitistypische Symptome (Schmerzwanderung, Appetitlosigkeit, Übelkeit/Erbrechen), drei klinische Zeichen (Druckschmerz im rechten unteren Quadranten, Loslassschmerz und erhöhte Körpertemperatur $> 37,4$ °C) und zwei laborchemische Parameter (Leukozytose und Linksverschiebung der Neutrophilen Granulozyten) gehören. Die höchste Sensitivität ergaben in der Originalstudie der Druckschmerz im rechten unteren Quadranten und die Leukozytose, weshalb diesen beiden Faktoren eine Punktzahl von jeweils 2 Punkten zugeordnet wurde. Die restlichen Faktoren erhielten eine Punktzahl von 1. Somit können mit den im Score enthaltenen Kriterien insgesamt 10 Punkte erreicht werden.

Eine komprimierte Version des Alvarado-Scores stellt der sogenannte *modified Alvarado-Score* dar (siehe Tabelle 2). Bei diesem wird auf das laborchemische Kriterium der Linksverschiebung der neutrophilen Granulozyten verzichtet, da dieses in vielen Krankenhäusern nicht routinemäßig bestimmt werden kann. Somit erreicht dieser Score eine maximale Punktzahl von nur 9 Punkten (Kalan *et al.*, 1994). Anhand der erreichten Punktzahl und der damit steigenden Wahrscheinlichkeit einer akuten Appendizitis, können Patienten in Subkategorien eingeteilt werden. In diesen Kategorien wurde die jeweilige Wahrscheinlichkeit einer tatsächlich vorliegenden Appendizitis errechnet (siehe Tabelle 3). Demnach dient der Score der Risikostratifizierung der Patienten mit abdominellen

Schmerzen und soll auf dieser Basis eine grobe Orientierung für das weitere Vorgehen ermöglichen (Alvarado, 1986; Ohle, 2011).

Tabelle 2: Modified Alvarado-Score

Kriterium	Punktzahl
Schmerzwanderung in den rechten Unterbauch	1
Appetitlosigkeit	1
Übelkeit und/oder Erbrechen	1
Druckschmerz im rechten Unterbauch	2
Loslassschmerz	1
Erhöhte Temperatur (> 37,4 °C)	1
Leukozytose (> 10.000/ μ l)	2

Tabelle 3: Weiteres Vorgehen in Abhängigkeit des Alvarado-Scores

Punktzahl	Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Appendizitis	Weiteres Vorgehen
1-4 Punkte	30%	Entlassung
5-6 Punkte	66%	Stationäre Aufnahme und Überwachung
7-9 (10) Punkte	93%	Appendektomie

Die Anwendung des Alvarado-Scores im klinischen Alltag ist jedoch umstritten (Ohle, 2011; Kabir *et al.*, 2017; Awayshih *et al.*, 2019). Schon in der Originalstudie von 1986 wurden einige Schwachstellen des Scores genannt. Zum einen setzt sich der Alvarado-Score aus verschiedenen Kriterien zusammen, die nicht spezifisch für eine Appendizitis sind, sondern auch im Rahmen anderer Erkrankungen auftreten können. Des Weiteren erfordert der Score eine gründliche Anamneseerhebung, die bei Kindern oder kognitiv eingeschränkten Patienten erschwert sein könnte. Auch Frauen im gebärfähigen Alter stellen aufgrund der Vielzahl möglicher gynäkologischer Differentialdiagnosen, eine besondere Patientengruppe dar (Alvarado, 1986). Diese Annahme wird in der Studie von Kalan *et al.* bestätigt. Der Alvarado-Score ergibt für Frauen im gebärfähigen Alter eine hohe Rate falsch-positiver Ergebnisse. Bei etwa 30% der Patientinnen, die laut Score eine Punktzahl von > 7 hatten,

ergab die durchgeführte Appendektomie keine entzündlichen Veränderungen der Appendix (Kalan *et al.*, 1994). Für Männer und Kinder hingegen, sind sich mehrere Autoren einig, dass der Score eine hohe Sensitivität besitzt und die klinische Einschätzung sinnvoll unterstützen kann (Owen *et al.*, 1992; Kalan *et al.*, 1994; Ohle, 2011). Da der Score ausschließlich auf klinischen und laborchemischen Kriterien beruht und somit in jeder Klinik leicht umzusetzen ist, wird er weiterhin von vielen Autoren als hilfreiches diagnostisches Mittel angesehen (Owen *et al.*, 1992; Kabir *et al.*, 2017).

1.5.5 Bildgebung

Die Sonographie ist in Deutschland das bildgebende Verfahren der ersten Wahl zur Darstellung einer akuten Appendizitis (Binnebösel *et al.*, 2009; Hoffmann & Anthuber, 2019). Vorteil der Sonographie ist neben der schnellen Verfügbarkeit und den geringen Kosten, vor allem die fehlende Strahlenbelastung (Zachariou, 2019) und somit die sichere Anwendung bei Kindern und Schwangeren (Baird *et al.*, 2017). Des Weiteren eignet sich die Sonographie zur Erkennung und zum Ausschluss möglicher Differentialdiagnosen wie z.B. Ovarialzysten, Tuboovarialabszessen oder extrauteriner Schwangerschaften (Harrison & Benziger, 2012). Sonomorphologisches Korrelat einer entzündeten Appendix ist die sogenannte „pathologische Kokarde“ (Zielke, 2002), die man in Abb. 5 erkennen kann. Hierbei erscheint die Appendix im Querschnitt als zielscheibenähnliche Struktur (Zielke, 2002) mit einer echoarmen mittleren Wandschicht, die innen und außen von jeweils einer echoreichen Schicht umgeben ist (Peiper, 2006). Diese Kokarde hat in der Regel einen Durchmesser von > 6 mm, ist im Gegensatz zum restlichen Darm nicht komprimierbar und zeigt keine Peristaltik (Peiper, 2006). Gelingt die sonographische Darstellung dieser entzündlichen Veränderungen, so wird dies als wegweisendes Zeichen für den Nachweis einer Appendizitis in der Literatur mit einer Spezifität von 95% beziffert (Franke *et al.*, 1999). Nichtsdestotrotz hat die Sonographie ihre Grenzen. Hinsichtlich der Sensitivität besteht in der Literatur große Uneinigkeit (Franke *et al.*, 1999; Giljaca *et al.*, 2017; Alshebromi *et al.*, 2019; Benedetto *et al.*, 2019). Verschiedene Untersuchungen ergaben eine variierenden Sensitivität zwischen 13% und 90% (Franke *et al.*, 1999). Als eine antizipierte Ursache der unterschiedlichen Ergebnisse wird oftmals angeführt, dass diese Untersuchungsmethode stark von der Erfahrung des Untersuchers abhängig ist (Zielke, 2002). Des Weiteren kann die Darstellung der Appendix durch verschiedene Faktoren erschwert sein z.B. Luft im

Darm, Adipositas oder ein schmerzbedingter Abbruch der Untersuchung von Seiten des Patienten (Binnebösel *et al.*, 2009).



Abb. 5: Sonographische Darstellung einer entzündeten Appendix vermiformis. Sichtbar ist hier die sogenannte „pathologische Kokarde“, häufig auch als „target sign“ bezeichnet. Das Foto stammt aus dem Archiv der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Kinderchirurgie des UKD.

Die Computertomographie (CT) erreicht im Vergleich zur Sonographie eine weitaus höhere Sensitivität (Terasawa *et al.*, 2004; van Randen *et al.*, 2008), da sie nicht untersucherabhängig ist und Faktoren wie Adipositas, die Darmgasverteilung oder der Schmerzzustand des Patienten keinen Einfluss auf die Bildqualität haben (Binnebösel *et al.*, 2009). Ein wesentlicher Nachteil der CT ist jedoch die Strahlenbelastung, die mit einem erhöhten Risiko für die Entstehung strahleninduzierter Tumore einhergeht und daher vor allem bei jungen Patienten möglichst vermieden werden sollte (Binnebösel *et al.*, 2009; Hoffmann & Anthuber, 2019). Auch sind die Kosten und der Organisationsaufwand im Vergleich zur Sonographie erheblich höher (Zielke, 2002). Während die CT in den USA als primäres bildgebendes Mittel eingesetzt wird (Binnebösel *et al.*, 2009), findet sie in Deutschland nur in besonderen Fällen (z.B. bestimmte Vorerkrankungen, Adipositas,

Meteorismus, Malignomverdacht) oder bei anhaltender Unsicherheit trotz Ausschöpfung der anderen diagnostischen Mittel Anwendung (Schimpl, 2010).

Ein weiteres bildgebendes Verfahren stellt die Magnetresonanztomographie (MRT) dar. Diese zeigt eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 99% und ist damit ein sehr zuverlässiges Diagnostikum (Cobben *et al.*, 2009). Allerdings kommt dieses Verfahren aufgrund seiner eingeschränkten Verfügbarkeit, der im Vergleich zur Sonographie und CT deutlich höheren Kosten und der längeren Untersuchungszeit ausschließlich bei unklarem Befund oder besonderen Indikationen als Alternativmethode zum Einsatz z.B. in der Schwangerschaft, bei Kindern oder bei bekannter Kontrastmittelallergie (Binnebösel *et al.*, 2009).

1.6 Therapie

Die Appendektomie ist nach wie vor die Therapie der Wahl zur Behandlung der Appendizitis und stellt einen der gängigsten chirurgischen Eingriffe weltweit dar (Förster *et al.*, 2019). Es werden heutzutage verschiedene Verfahren eingesetzt, von der traditionellen offenen Appendektomie, über die laparoskopische Appendektomie bis hin zur robotisch unterstützten Appendektomie. Im Folgenden wird auf die bekanntesten Techniken eingegangen.

1.6.1 Konventionell offene versus laparoskopische Appendektomie

Die offene Appendektomie wurde zuerst im Jahr 1894 von Charles McBurney beschrieben (McBurney, 1894) und galt lange Zeit als das Standardverfahren (Förster *et al.*, 2019).

Diese erfolgt traditionell über einen 5-6 cm langen Wechselschnitt im rechten Unterbauch, (Malik *et al.*, 2007; Switzer *et al.*, 2012) die Präparation durch die Muskulatur erfolgt verdrängend entsprechend dem Faserverlauf (Rost & Maas, 2018) und erlaubt einen direkten Zugang zum Caecum und der Appendix vermiformis (Gorenoi *et al.*, 2006).

Nach Eröffnung des Peritoneums wird das Caecum vorsichtig mobilisiert und die Appendix vermiformis anhand des typischen Taenienverlaufs lokalisiert. Als nächstes wird die Appendix an ihrer Basis vom Mesenteriolum freipräpariert und anschließend über eine Ligatur an der Basis abgesetzt. (Billmann & Keck, 2017; Rost & Maas, 2018).

Im Jahr 1983 wurde alternativ zur offenen Operation die laparoskopische Appendektomie beschrieben (Semm, 1983), die als minimal-invasive Methode in einigen Fällen über eine Reihe von Vorteilen verfügt und sich rasch verbreitet hat (Reissfelder *et al.*, 2009). Reissfelder *et al.* zufolge wurden im Jahr 2006 in Deutschland bereits 54,5% aller Appendektomien laparoskopisch durchgeführt, die verbliebenen 46,5% erfolgten weiterhin offen (Reissfelder *et al.*, 2009).

Beim laparoskopischen Verfahren wird zunächst über einen Trokar oder eine Veres-Nadel ein Pneumo- beziehungsweise Kapnoperitoneum etabliert, eine Optik in die Peritonealhöhle eingebracht und daraufhin weitere Arbeitstrokare platziert (Constantinidou, 2006). Über die Arbeitstrokare können die laparoskopischen Instrumente eingeführt werden, um so unter Sicht eine Manipulation im Körperinneren zu erlauben. Es wird zunächst der gesamte Bauchraum exploriert, bevor die Appendix dargestellt wird. Ähnlich wie bei der offenen

Appendektomie erfolgt schließlich die Präparation des Mesenteriolums. Anschließend wird die Appendix an der Basis mittels Endostapler, Röder-Schlingen oder einem Appendixclip versorgt und abgetragen. Mithilfe eines Bergebeutel wird die Appendix aus dem Bauchraum entfernt. (Kasakov *et al.*, 2018)

Von wesentlicher Bedeutung ist der Einsatz der Laparoskopie nicht nur als therapeutisches, sondern auch als diagnostisches Mittel. Durch die hochauflösende Darstellung (Förster *et al.*, 2019) und bessere Übersicht des Bauchsitus, besteht die Möglichkeit relevante Differentialdiagnosen mit zu beurteilen (Peiper, 2006). Zwar ist die Operationsdauer einer laparoskopischen Appendektomie in den meisten Studien länger als beim offenen Verfahren, dennoch legen zahlreiche Studien nahe, dass die laparoskopische Appendektomie im Vergleich zur offenen Appendektomie eine geringere Wundinfektionsrate, einen kürzeren Krankenhausaufenthalt und eine schnellere postoperative Erholung zeigt (Guller *et al.*, 2004; Li, 2010a; Wei *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2016). Von einer Laparoskopie scheinen insbesondere drei Patientenpopulationen zu profitieren: Frauen im fruchtbaren Alter, Ältere und stark adipöse Patienten (Pirro & Berdah, 2006; Sauerland *et al.*, 2010).

Bei Frauen können bei inspektorisch unauffälliger Appendix vermiformis (Andric *et al.*, 2020), im Rahmen der Laparoskopie mögliche bis zum Zeitpunkt der Operation unklare gynäkologische Differentialdiagnosen abgeklärt und so die Rate negativer Appendektomien gesenkt werden (Larsson *et al.*, 2001). Larsson *et al.* zeigten in ihrer Studie aus dem Jahr 2001, dass bei Patientinnen mit einer intraoperativ nicht-entzündlich veränderten Appendix, in etwa 73% im Rahmen des laparoskopischen Eingriffs eine gynäkologische Ursache für die Beschwerden identifiziert werden konnte (Larsson *et al.*, 2001).

Ältere und stark adipöse Patienten zeigen eine reduzierte Morbidität und Mortalität nach einem laparoskopischen Eingriff im Gegensatz zum ausgedehnteren offenen Zugangsweg (Masoomi *et al.*, 2012; Woodham *et al.*, 2012; Förster *et al.*, 2019).

Dennoch gibt es weiterhin bestimmte Situationen, in denen eine offene Appendektomie der laparoskopischen Operation vorgezogen wird (Reissfelder *et al.*, 2009). Eine laparoskopische Appendektomie bei Kleinkindern durchzuführen, kann aufgrund der kleinen Abdominalhöhle sehr anspruchsvoll sein. Daher wird in diesem Fall eher eine offene Appendektomie bevorzugt. (Reissfelder *et al.*, 2009) Des Weiteren stellen Patienten mit kardiopulmonalen Vorerkrankungen oder abdominellen Verwachsungen eine Patientenpopulation dar, für die eine offene Appendektomie in Betracht gezogen werden sollte (Reissfelder *et al.*, 2009). Ob während der Schwangerschaft der offenen Appendektomie gegenüber dem laparoskopischen Vorgehen der Vorzug gegeben werden

sollte, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einigen Studien zufolge ist die offene Appendektomie risikoärmer, da im Rahmen der laparoskopischen AE eine signifikant höhere Abortrate nachgewiesen wurde (McGory *et al.*, 2007; Walsh *et al.*, 2008). Andere Autoren sehen hingegen kein erhöhtes Risiko, sondern sogar Vorteile einer Laparoskopie während der Schwangerschaft (Laustsen *et al.*, 2016; Maimaiti *et al.*, 2017). Weiterhin ist die laparoskopische Appendektomie für das Krankenhaus mit höheren Kosten verbunden als die offene Appendektomie (Reissfelder *et al.*, 2009).

Obwohl sich sowohl der offene als auch der laparoskopische Zugangsweg über die Jahre als sicher und effektiv erwiesen hat (Jaschinski *et al.*, 2015), besteht weiterhin Uneinigkeit bezüglich des optimalen Verfahrens, so dass beide Techniken einen festen Platz im Handwerkszeug des Chirurgen haben sollten (Kumar *et al.*, 2016; Förster *et al.*, 2019).

1.6.2 *Minimal-access* Appendektomie

Eine Sonderform der offenen Appendektomie stellt die sogenannte „*minimal-access*“ oder „*small-access*“ Appendektomie dar. Diese erhält ihren Namen durch die im Vergleich zur traditionell offenen Appendektomie deutlich geringeren Schnittlänge von nur 2-3 cm (Çiftçi, 2015; Akıncı *et al.*, 2021). Multiple Studien ergaben signifikante Vorteile der *minimal-access* AE gegenüber der konventionell offenen AE (Malik *et al.*, 2007; Javadi *et al.*, 2017). Malik *et al.* führten im Jahr 2006 eine randomisierte doppelblinde Studie an pädiatrischen Patienten durch, die nicht nur das kosmetisch ansprechendere Ergebnis belegte, sondern auch deutlich mildere postoperative Verläufe nachweisen konnte. So zeigten Patienten nach einer *minimal-access* AE einen reduzierten Bedarf an Analgetika, einen verkürzten stationären Aufenthalt und eine schnellere Rückkehr zu normaler Aktivität als diejenigen nach konventionell offener AE (Malik *et al.*, 2007). Auch verglichen mit der laparoskopischen Appendektomie ist die Wundfläche der *minimal-access* Appendektomie geringer als die Summe der üblicherweise drei Trokarzugänge (siehe Abb. 6). Nachteilig zur laparoskopischen Appendektomie ist jedoch die reduzierte Übersicht im Situs und somit die erschwerte Präparation der Appendix, vor allem bei retrocaecaler Lage (Malik *et al.*, 2007). Begrenzender Faktor für diese palpatorisch geführte Präparation des Retroperitoneums mit dem Finger, ist die Dicke der Bauchdecke. Daher eignet sich dieses Verfahren vor allem für normalgewichtige Patienten mit einer unkomplizierten Appendizitis (Özsan *et al.*, 2014).



Abb. 6: Darstellung der Schnittlänge einer *minimal-access* Appendektomie (hier: ca. 1 cm Länge). Foto aus dem Archiv der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Kinderchirurgie des UKD.

1.7 Ziele der Arbeit

Primäres Ziel dieser Arbeit ist die retrospektive Evaluation der *minimal-access* Appendektomie hinsichtlich des postoperativen Outcomes und Verlaufs. Dies soll in Form eines Vergleichs zur laparoskopischen Appendektomie erfolgen. Aus der retrospektiven Datenanalyse soll ein weiterführendes Verständnis für Zusammenhänge zwischen prognostischen Faktoren und Outcomes resultieren und Konstellationen identifiziert werden, durch die die Zuordnung bestimmter Patientengruppen zu einem der OP-Verfahren ermöglicht wird.

Dabei soll insbesondere auf folgende Fragestellungen eingegangen werden:

- Welche Patienten wurden laparoskopisch appendektomiert und welche haben die *minimal-access* AE erhalten? Durch welche Kriterien unterscheiden sich diese beiden Gruppen?
- Gibt es geschlechts- oder altersspezifische Unterschiede in der Auswahl des operativen Verfahrens?
- Besteht eine Korrelation zwischen dem Schweregrad der Symptomatik (gemessen anhand des *modified* Alvarado-Scores) und dem gewählten operativen Verfahren?
- Besteht eine Korrelation zwischen den laborchemischen Ergebnissen und dem gewählten operativen Verfahren?
- Besteht eine Korrelation zwischen dem BMI-Wert des Patienten und dem gewählten operativen Verfahren?
- Korreliert die Schwere der Symptomatik (gemessen anhand des *modified* Alvarado-Scores) mit dem histologischen Schweregrad der Appendizitis?
- Inwiefern unterscheidet sich der postoperative Verlauf nach laparoskopischer Appendektomie von dem nach offener *minimal-access* Appendektomie? Wie ist die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer der beiden Verfahren? Zeigt sich ein Unterschied in der Komplikationsrate nach Clavien-Dindo?
- Für welche Patientengruppen ist die laparoskopische Appendektomie am ehesten geeignet?
- Für welche Patientengruppen kann die *minimal-access* Appendektomie angewandt werden?

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit führte ich eine retrospektive Auswertung der dokumentierten Daten aller volljährigen Patienten der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf (UKD), die im Zeitraum vom 01.01.2010 bis zum 01.01.2021 unter der Verdachtsdiagnose einer akuten Appendizitis eine Appendektomie erhielten, durch.

Anhand der International Statistical Classification of Diseases (ICD-10)-Kodierungen K35-K38 (siehe Tabelle 4) wurden alle im genannten Zeitraum operierten Patienten aus dem digitalen Dokumentationssystem des UKD ermittelt. Alle vorliegenden Patientenakten wurden eingesehen und bei der Datenerhebung berücksichtigt. Diese erfolgte im Anschluss in Form einer Microsoft-Excel Tabelle. Die statistische Auswertung der Daten und die Erstellung der Graphiken wurde mithilfe der Programme IBM SPSS Statistics und Graphpad Prism durchgeführt. Alle klinischen Daten wurden pseudonymisiert, sodass die Identität der Patienten nicht erkennbar ist.

Die Durchführung dieser Studie wurde durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf geprüft und genehmigt (Auftragsnummer: 2020-1060).

Tabelle 4: ICD-10-Kodierungen der akuten Appendizitis nach WHO (2018)

ICD-10-Code	Definition
K35	Akute Appendizitis
K35.2	Akute Appendizitis mit generalisierter Peritonitis
K35.3	Akute Appendizitis mit lokalisierter Peritonitis
K35.30	Akute Appendizitis mit lokalisierter Peritonitis ohne Perforation oder Ruptur
K35.31	Akute Appendizitis mit lokalisierter Peritonitis mit Perforation oder Ruptur
K35.32	Akute Appendizitis mit Peritonealabszess
K35.8	Akute Appendizitis, nicht näher bezeichnet
K36	Sonstige Appendizitis: chronisch oder rezidivierend
K37	Nicht näher bezeichnete Appendizitis
K38	Sonstige Krankheiten der Appendix

2.2 Patientenkollektiv

Aus der Gesamtzahl aller Patienten, die in dem genannten Zeitraum unter der Diagnose einer akuten Appendizitis im System aufgeführt waren, wurden 658 in diese Studie aufgenommen. Es wurden ausschließlich volljährige Patienten gewählt, die im Rahmen ihres Klinikaufenthaltes eine Appendektomie erhielten.

2.2.1 Ausschlusskriterien

Patienten wurden bei Vorliegen einer der folgenden Kriterien von der Studie *ausgeschlossen*:

- konservative Behandlung
- fehlende oder unvollständige Dokumentation des klinischen Aufenthaltes
- Alter < 18 Jahre
- Vorliegen einer Begleitappendizitis als Folge einer anderen vorbestehenden intraabdominellen Erkrankung (Ileus, chronisch entzündliche Darmerkrankungen, gynäkologische Erkrankungen, Tumore des Darms) mit daraus resultierender atypischer Symptommanifestation
- Appendektomie im Rahmen eines anderen intraabdominellen Eingriffs, ohne Hinweis auf das Vorliegen einer akuten Appendizitis

2.2.2 Subgruppeneinteilung

Um einen Vergleich der chirurgischen Therapiemethoden zu ermöglichen, wurde das Patientenkollektiv nach der Art des operativen Eingriffs zunächst in fünf verschiedene Subgruppen unterteilt (siehe Tabelle 5 und Abb. 7).

Tabelle 5: Subgruppeneinteilung anhand des durchgeführten operativen Verfahrens

Verfahren	Erläuterung
Laparoskopisch einfache AE	Laparoskopische Appendektomie ohne erweiterte Maßnahmen im Zuge des Eingriffs
Laparoskopisch komplexe AE	Laparoskopische Appendektomie mit erweiterten Maßnahmen (z.B. gynäkologische Begleiteingriffe, langstreckige Adhäsio lysen, erweiterte Darmresektionen, Maßnahmen an anderen Organen o.ä.)
Konversionseingriffe	Intraoperativer Verfahrenswechsel von laparoskopisch auf offen
Offen einfache <i>minimal-access</i> AE	Offene Appendektomie über einen minimalen Zugang ohne erweiterte Maßnahmen
Offen komplexe AE	Offene Appendektomie mit erweiterten Maßnahmen (z.B. erweiterte Darmresektionen, weitreichenden Adhäsio lysen, Maßnahmen an anderen Organen, Erweiterung des Zugangswegs im Sinne einer Medianlaparotomie o.ä.)

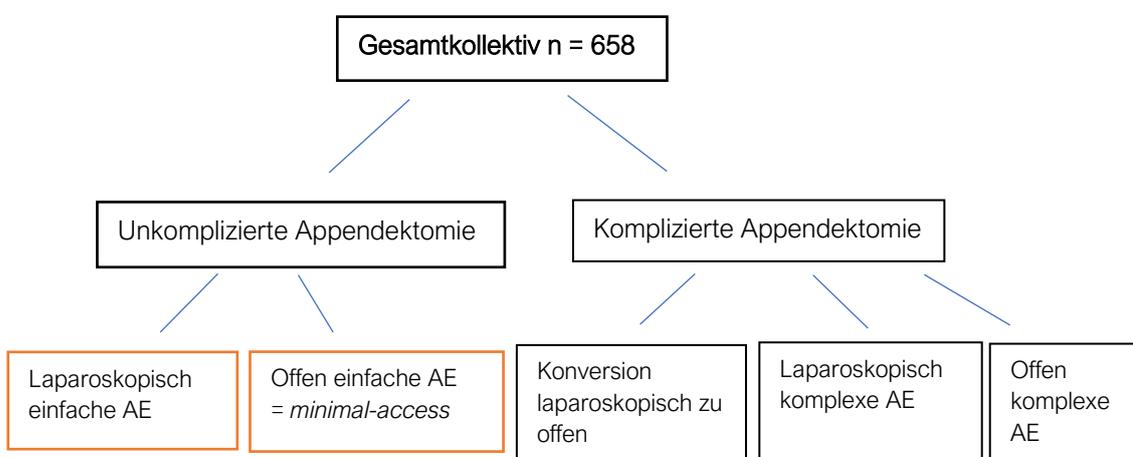


Abb. 7: Schematische Darstellung der Subgruppeneinteilung

Im Weiteren wurde der Fokus auf die zwei prädominanten Gruppen der einfachen unkomplizierten Appendektomie [„Laparoskopisch einfach“ und „offen einfach“] gelegt und diese beiden näher analysiert. Am UKD ist die oben beschriebene *minimal-access* Appendektomie das operative Verfahren der Wahl und wurde hier mit der Bezeichnung „offen einfach“ gleichgesetzt. Für den Fall, dass eine Erweiterung des Schnitts notwendig war, wurden diese Patienten der Kategorie „offen komplex“ zugeordnet.

2.3 Ausgewertete Parameter

2.3.1 Anamnestische Angaben

Aus dem Aufnahmebogen wurden Geschlecht, Alter, Gewicht, Größe und BMI zum Zeitpunkt der Erstvorstellung in der zentralen Notaufnahme ermittelt.

Die Symptomatik und die vergangene Zeit bis zur Erstvorstellung in der zentralen Notaufnahme der Uniklinik Düsseldorf wurden anamnestisch von dem ersten ärztlichen Untersucher erfasst. Im Rahmen des *modified* Alvarado-Scores wurde beim Vorliegen folgender Symptome die definierte Punktzahl vergeben: Schmerzwanderung in den rechten Unterbauch [2 Punkte], Übelkeit und/oder Erbrechen [1 Punkt], Appetitlosigkeit [1 Punkt] und erhöhte Temperatur > 37,4 °C [1 Punkt].

Die vom Patienten angegebene Schmerzdauer bis zur Vorstellung wurde in Tagen dokumentiert. Für eine Symptombdauer < 24h wurden als Korrelat 0,5 Tage festgelegt. War keine genaue Zeitangabe seitens des Patienten möglich oder lag die Symptomatik über mehrere Wochen bis Monate vor, so wurden diese Patienten von der Bestimmung des Mittelwertes und des Medians in dieser Kategorie ausgeschlossen.

2.3.2 Körperliche Untersuchung

Die im Aufnahmebogen erfasste Patientenuntersuchung wurde vollständig analysiert und die appendizitischen Zeichen herausgefiltert. Dazu gehören Druckschmerz über dem McBurney- oder Lanz-Punkt, ipsi- oder kontralateraler Loslassschmerz, Abwehrspannung sowie das Psoas- und Rovsing-Zeichen. Da die zwei zuletzt genannten Zeichen nur sehr unregelmäßig dokumentiert wurden, konnten diese nicht in die Analyse aufgenommen werden.

In die Bestimmung des *modified* Alvarado-Scores gingen folgende zwei Kriterien mit der jeweiligen Punktzahl ein: Druckschmerz im rechten Unterbauch [2 Punkte], Abwehrspannung und/oder Loslassschmerz [1 Punkt].

2.3.3 Labor- und Urindiagnostik

Zur standardmäßigen Aufnahmeuntersuchung bei abdominellen Beschwerden gehören in der zentralen Notaufnahme des UKD neben der körperlichen Untersuchung auch eine Blutuntersuchung und ein Urinstatus. Folgende Laborwerte wurden bei der Datenerhebung explizit betrachtet: Leukozytenzahl, CRP, Gesamtbilirubin und Natrium im Blut. Im Rahmen der Urindiagnostik wurde besonderes Augenmerk auf das Vorliegen von Leukozyten, Erythrozyten und Ketonen im Urin gelegt.

Eine Leukozytose von $> 10.000/\mu\text{l}$ im Blut wurde im *modified* Alvarado-Score mit 2 Punkten beziffert, das Vorhandensein von Ketonen im Urin wurde als Alternative zum Symptom der Appetitlosigkeit mit einem Punkt gewertet.

2.3.4 Apparative Diagnostik

Jeder Patient mit bestehendem Verdacht auf eine akute Appendizitis erhielt standardgemäß an erster Stelle eine sonographische Untersuchung. Ergänzend zur Sonographie wurde im Bedarfsfall eine CT oder eine Röntgenaufnahme des Abdomens durchgeführt.

Die Patienten beider Subgruppen (s.o.) wurden demnach in zwei Kategorien unterteilt: Patienten, die ausschließlich eine Sonographie erhielten und Patienten, bei denen ergänzend zur Sonographie eine weitere Bildgebung erfolgte.

2.3.5 Art der Intervention

Für die weitere Analyse wird im Folgenden auf die zwei Gruppen – laparoskopisch einfache AE und offen einfache/*minimal-access* AE – näher eingegangen. Ich habe mich auf diese beiden Subgruppen beschränkt, da die unkomplizierten Appendizitisfälle die größte Prävalenz zeigen. Die restlichen Subgruppen setzen sich aus sehr individuellen Krankheitsverläufen zusammen und stellen daher ein heterogenes Patientengut dar.

2.3.6 OP-Befund

Der intraoperative Befund bezeichnet die makroskopisch sichtbaren Veränderungen an der Appendix, wie sie vom Operateur im Zuge der Exploration erfasst wurden. Diese wurden dem Operationsbericht entnommen. Lagen weitere intraabdominelle Entzündungen vor z.B. Sigmadivertikulitis, Ileitis terminalis etc., die eine Appendizitis als Begleitbefund mit sich bringen könnten, so wurden diese Patienten aus dem Gesamtkollektiv ausgeschlossen (s. 2.2.1). Wurde die Appendix vermiformis im Rahmen anderer intraabdomineller Eingriffe entfernt, ohne dass eine symptomatische Entzündung bestand, so kam es ebenfalls zum Ausschluss des Patienten aus der Studie (s.2.1.1).

2.3.7 Histopathologischer Befund

Nach Entnahme der Appendix wurde diese standardgemäß zur histopathologischen Untersuchung eingesandt. Eine histopathologische Einteilung erfolgt anhand des Schweregrades der entzündlichen Veränderungen der Appendix vermiformis (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Histologischer Schweregrad der akuten Appendizitis mit entsprechender Kennziffer

Kennziffer	Histopathologischer Schweregrad
0	lymphofollikuläre Hyperplasie
1	katarrhalische Appendizitis
2	ulcerophlegmonöse Appendizitis
3	gangränöse Appendizitis
4	perforierte Appendizitis
5	chronische oder stattgehabte Appendizitis
6	neuroendokriner Tumor
7	neurogene Appendikopathie

2.3.8 Mikrobiologischer Befund

Intraoperativ wurde von der Appendix vermiformis und dem umgebenden Gewebe ein Abstrich zur mikrobiologischen Untersuchung entnommen. Bei Nachweis eines oder mehrerer pathologischer Keime wurde ein Antibiogramm erstellt.

2.3.9 Komplikationen nach Clavien-Dindo

Tabelle 7: Einteilung postoperativer Komplikationen modifiziert nach Clavien-Dindo (Dindo *et al.*, 2004)

Grad	Definition
I	Jede Abweichung vom normalen postoperativen Verlauf, die jedoch ohne die Notwendigkeit einer pharmakologischen, endoskopischen, chirurgischen oder radiologischen Intervention . Lediglich der Einsatz von Antiemetika, Antipyretika, Analgetika, Diuretika, Elektrolyten und Physiotherapie ist erlaubt.
II	Anderweitige pharmakologische Behandlung, Bluttransfusion oder parenterale Ernährung notwendig
III	Einsatz von chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Interventionen
IIIa	Ohne Vollnarkose
IIIb	Mit Vollnarkose
IV	Auftreten lebensbedrohlicher Komplikationen, die eine intensivmedizinische Behandlung erfordern.
IVa	Dysfunktion eines Organs (einschließlich Dialyse)
IVb	Multiorganversagen
V	Tod

2.3.10 Dauer der stationären Behandlung/Liegedauer

Der Zeitraum von der stationären Aufnahme bis zur Entlassung wurde in Tagen angegeben. Hierbei wurde jeder angebrochene Tag des stationären Aufenthalts gezählt.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik des Gesamtkollektivs

3.1.1 Allgemein

Im Rahmen der Datenerfassung wurden über 1000 Patientenakten aus dem Zeitraum 01.01.2010 bis 01.01.2021 betrachtet, die unter den ICD-10-Kodierungen einer Appendizitis (K35-K38) im digitalen Datensystem der Uniklinik Düsseldorf vorlagen. Nach Anwendung der Ausschlusskriterien (s.2.2.1) wurden 658 Patienten in die weitere Analyse aufgenommen. Die Verteilung der ICD-10-Kodierungen innerhalb des Gesamtkollektivs kann Tabelle 8 mit dazugehöriger Abb. 8 entnommen werden.

Tabelle 8: Verteilung der Patienten nach der ICD-10-Klassifikation der WHO.

ICD-10-Code	Anzahl Patienten (n)
K35	642
K35.2	22
K35.30	289
K35.31	128
K35.32	16
K35.8	187
K36	8
K37	1
K38	7

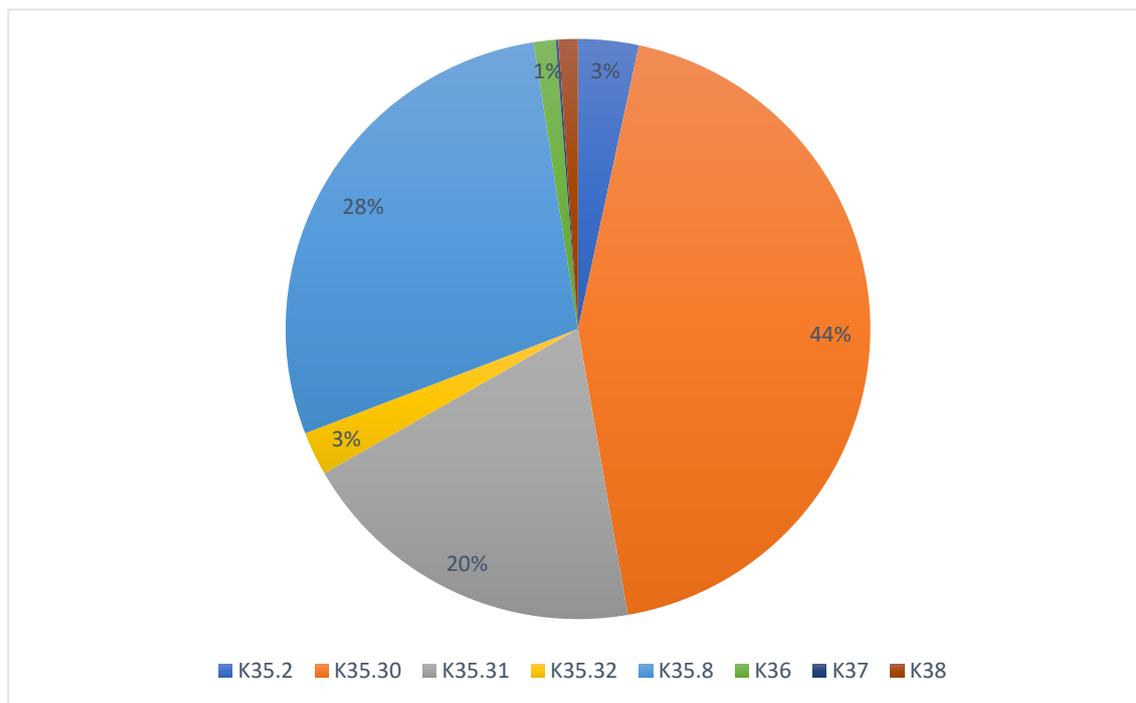


Abb. 8: Prozentuale Darstellung der ICD-10 Diagnosen der akuten Appendizitis innerhalb des Gesamtkollektivs

Einige Patienten waren unter verschiedenen ICD-10-Kodierungen zu finden. Hier wurde die Kodierung gewählt, die in Abstimmung mit dem histopathologischen Befund am ehesten zutreffend war. Die Ziffer K35.30 – entsprechend einer akuten Appendizitis mit lokalisierter Peritonitis ohne Perforation oder Ruptur – war mit 44% im Gesamtkollektiv am häufigsten vertreten.

3.1.2 Alters- und Geschlechterverteilung

Die Spannweite des Alters reichte von 18 bis 92 Jahren, wobei sich mit $n = 293$ (44,5%) eine deutliche Prädominanz der Appendizitiden in der Altersgruppe 18 bis 33 Jahre zeigte (siehe Abb. 9). Die Anzahl der Appendizitiden nahm mit steigendem Lebensalter konstant ab und erreichte in der Altersgruppe 78 bis 92 Jahren einen Nadir von nur $n = 36$ Patienten (5,5%).

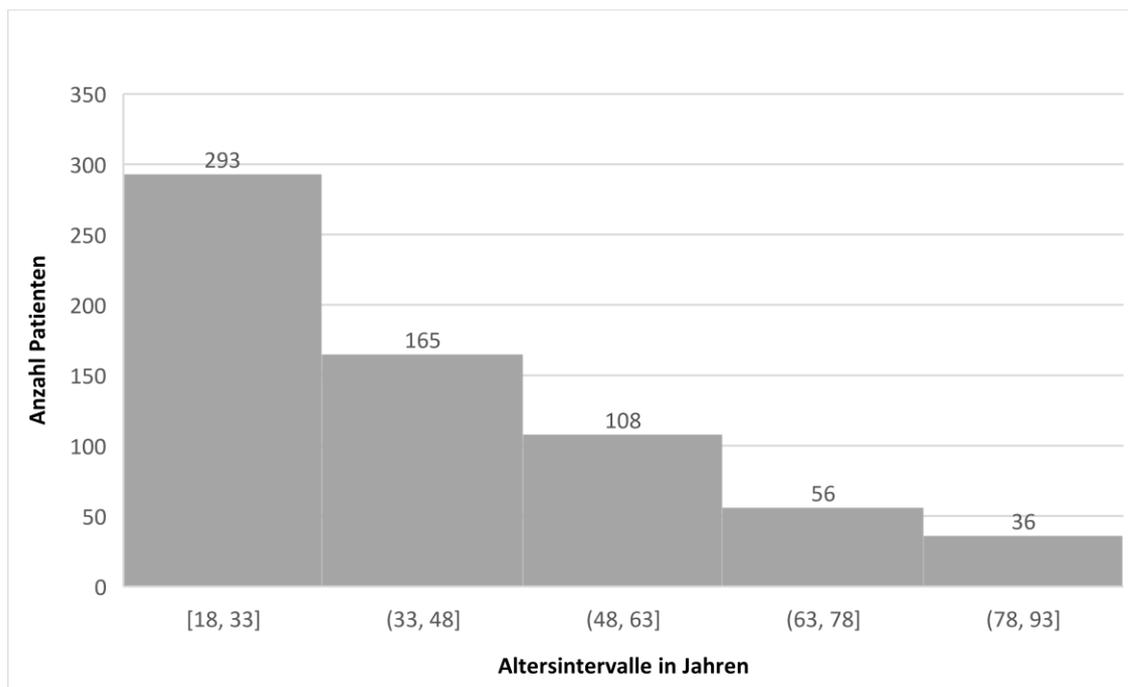


Abb. 9: Altersverteilung der akuten Appendizitis im Gesamtkollektiv. Die Altersklassen in Klammern sind als Intervall zu verstehen. Als Beispiel: In der ersten Altersklasse zwischen 18 und 33 Jahren findet sich die Mehrheit der Patienten wieder. Mit steigendem Alter zeigt sich eine konstante Abnahme in der Anzahl an Patienten mit akuter Appendizitis.

Von den insgesamt 658 Patienten, die eine Appendektomie erhielten, waren 374 (56,8%) männlich (M) und 284 (43,2%) weiblich (W). Das mittlere Alter für beide Geschlechter lag bei $40,9 \pm 18,4$ Jahren, für die männlichen Patienten bei $41,5 \pm 17,9$ Jahren und für die weiblichen bei $40,3 \pm 19,1$ Jahren (siehe Abb. 10).

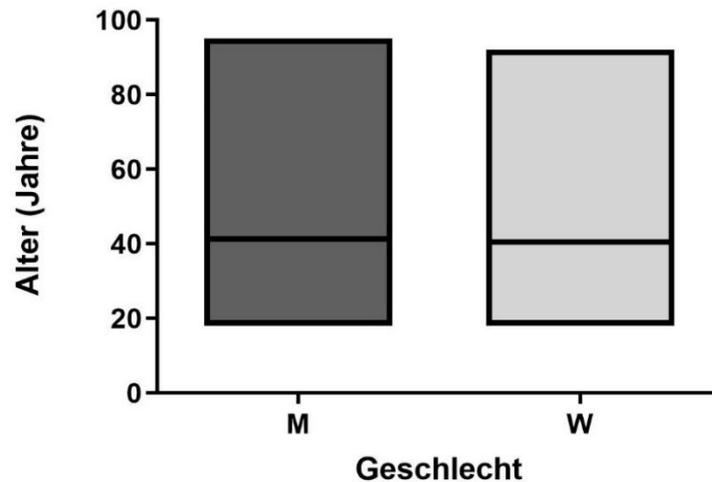


Abb. 10: Geschlechterverteilung in Abhängigkeit des Alters

3.1.3 Symptomatik und körperlicher Untersuchungsbefund

Nahezu alle Patienten ($n = 653$; 99,2%) stellten sich aufgrund von abdominellen Schmerzen in der zentralen Notaufnahme vor.

Bei Erstvorstellung gaben 480 Patienten (72,9%) einen Symptombeginn von weniger als 48 Stunden an und 152 (23,1%) eine länger als 48 Stunden bestehende Symptomatik. 26 Patienten (4,0%) konnten über den Beginn der Symptome keine genaue Angabe machen. 200 Patienten (30,4%) lokalisierten den Schmerz initial im Ober- oder Mittelbauch und beschrieben im Verlauf eine Schmerzwanderung in den rechten Unterbauch. Weitere häufig dokumentierte Symptome waren Übelkeit und/oder Erbrechen bei 292 Patienten (44,4%), erhöhte Temperatur bei 135 Patienten (20,5%) und eine Appetitlosigkeit, die insgesamt 51 (7,8%) Patienten betraf.

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung gaben 604 Patienten (91,8%) einen Druckschmerz im rechten Unterbauch an und 459 (69,8%) zeigten Peritonismuszeichen in Form von Abwehrspannung und/oder Loslassschmerz.

3.1.4 Entzündungswerte

Im Aufnahmelabor wurden unter anderem Leukozytenzahl und CRP bestimmt. Erhöhte Leukozytenzahlen ($>10.000/\mu\text{l}$) wurden bei 512 Patienten (77,8%) erfasst. 516 Patienten (78,4%) hatten einen erhöhten CRP-Wert ($> 0,5 \text{ mg/dl}$). Die Entzündungswerte bei den

Patienten der offen appendektomierten Kohorte waren signifikant höher als die der Patienten, die eine laparoskopischen Appendektomie erhielten. Hierauf wird in der Diskussion näher eingegangen.

3.1.5 Chirurgische Therapie

Aus dem Gesamtkollektiv erhielten 502 Patienten (76,3%) eine einfache Appendektomie, davon 377 (75,1%) offen über einen *minimal-access* Wechselschnitt und 125 laparoskopisch (24,9%). Die restlichen 156 Patienten (23,7%) zeigten intraoperativ komplizierte Verläufe und verteilen sich auf die OP-Verfahren offen komplex (67,9%), laparoskopisch komplex (16,6%) und Konversionseingriffe (15,4%). Die genaue Verteilung ist Abb. 11 zu entnehmen.

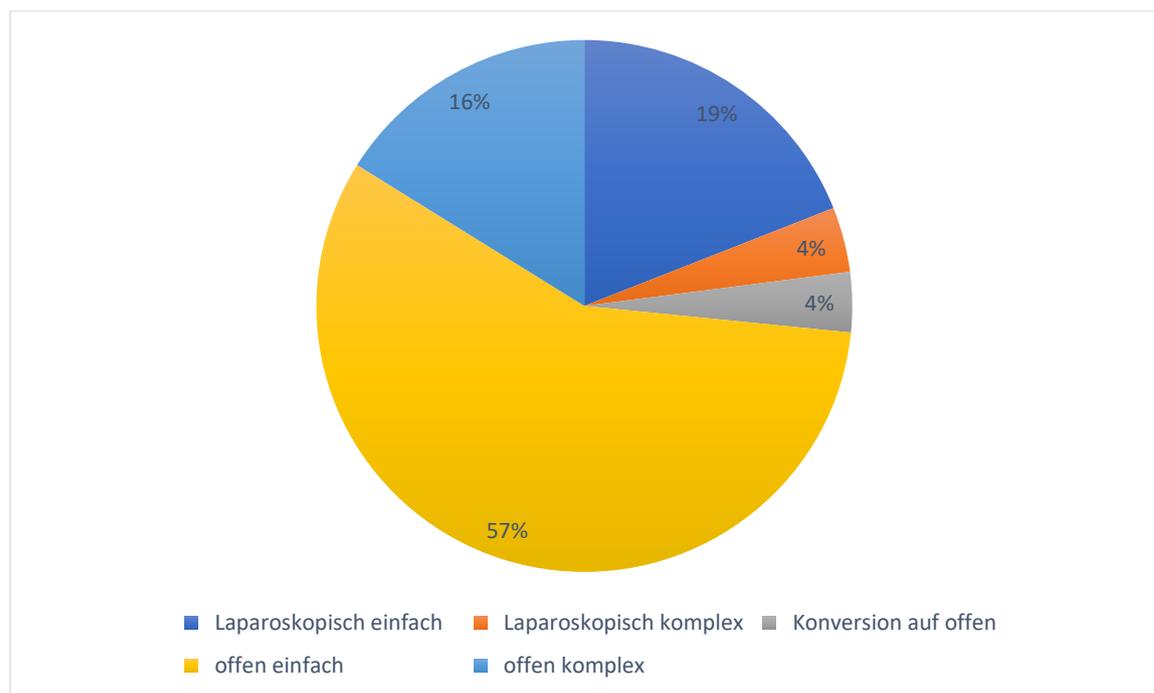


Abb. 11: Prozentuale Darstellung der einzelnen OP-Verfahren im Gesamtkollektiv

Wir beschränken uns im Folgenden auf die zwei Subgruppen der einfachen, nicht erweiterten Appendektomie, da die anderen Eingriffe durch große Inhomogenität die Vergleichbarkeit erschweren.

3.2 Subgruppenanalyse (Offene vs. Laparoskopische Appendektomie)

3.2.1 Übersicht

Tabelle 9: Deskriptive Statistik der Subgruppen

	Laparoskopisch einfach (1)		Offen einfach/ <i>minimal-access</i> (4)	
	M	W	M	W
Anzahl Patienten	125		377	
Geschlecht	39,2%	60,8%	59,9%	40,1%
Mittleres Alter (<i>Jahre</i>)	36 Jahre		39 Jahre	
CT	23,3%		25,2%	
Liegedauer (Mittelwert)	4 Tage		5 Tage	
Laborwerte (Mittelwert)				
Leukozyten (<i>Zellen/μl</i>)	13		14	
CRP (<i>mg/l</i>)	4		5	
Bilirubin (<i>mg/dl</i>)	1		1	
Hämaturie (%)	62%		47%	
Durchschnittlicher BMI (<i>kg/m²</i>)	27,5		24,8	
Durchschnittlicher Alvarado-Score	5		5	
Histologie				
1 = leicht	38,7%		23,1 %	
2 = mittelgradig	29,0%		50,7%	
3 = schwer	26,6%		23,3%	
4 = sonstiges	5,6%		2,9%	

3.2.2 Altersverteilung

Der Vergleich des Alters der beiden Subgruppen ergab keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,2079$). Das durchschnittliche Alter der laparoskopisch appendektomierten Patienten betrug $36,35 \pm 1,3$ Jahre, während dieses bei den offen appendektomierten Patienten bei $38,58 \pm 0,91$ Jahren lag (siehe Abb. 12).

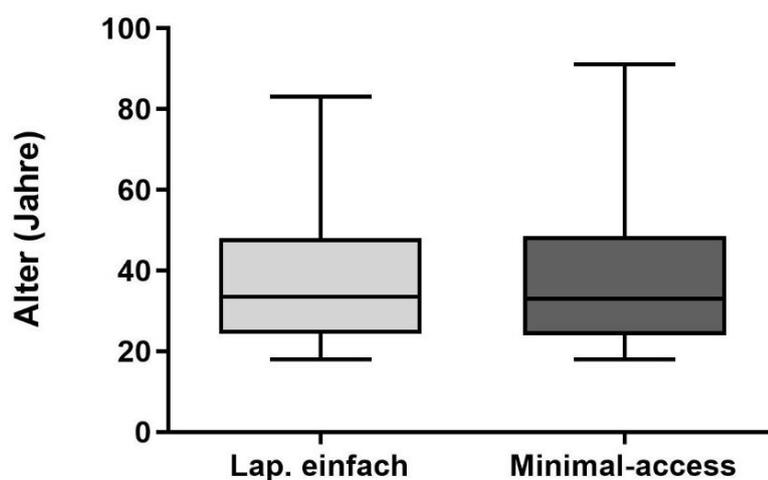


Abb. 12: Altersverteilung innerhalb der Subgruppen

3.2.3 BMI-Wert

Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,0001$) der beiden Subgruppen ergab sich hinsichtlich des BMI-Wertes. Betrachtet man die Durchführung eines bildgebenden Verfahrens so fällt auf, dass Patienten mit einem höheren BMI-Wert häufiger zusätzlich zur sonographischen Untersuchung eine weitere Form der Bildgebung erhielten (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Bildgebendes Verfahren in Abhängigkeit vom BMI-Wert

	Anzahl Patienten	Durchschnittlicher BMI (kg/m ²)
Ausschließlich Sonographie	428	25
Weiterführende Bildgebung	229	27,4

Patienten mit einem erhöhten BMI-Wert wurden häufiger laparoskopisch appendektomiert, normalgewichtige Patienten hingegen offen. Während der mittlere BMI-Wert der laparoskopisch appendektomierten Subgruppe bei $27,54 \pm 0,5 \text{ kg/m}^2$ lag, betrug dieser in der offen appendektomierten Subgruppe $24,75 \pm 0,23 \text{ kg/m}^2$ (siehe Abb. 13).

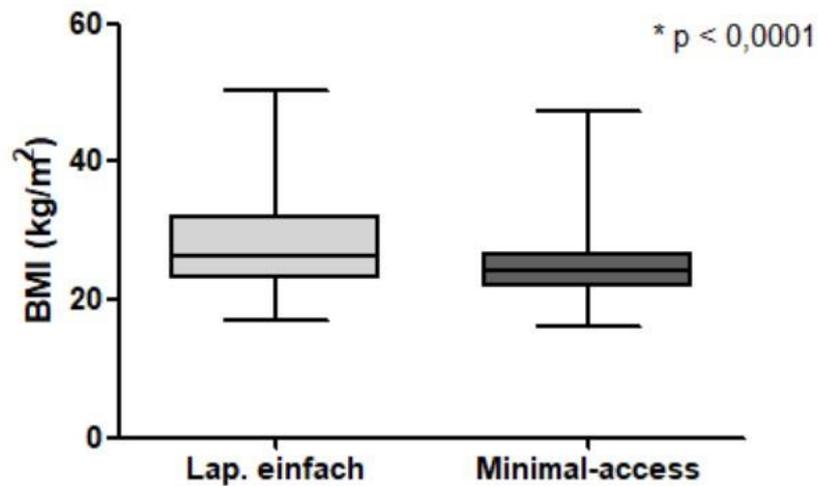


Abb. 13: Vergleich der OP-Verfahren hinsichtlich des BMI-Wertes der Patienten. Laparoskopisch appendektomierte Patienten haben einen durchschnittlich höheren BMI-Wert als Patienten der *minimal-access* Subgruppe. Ein signifikanter Unterschied ($p < 0,0001$) konnte festgestellt werden.

3.2.4 Entzündungswerte

Retrospektiv betrachtet waren die Entzündungswerte (Leukozytenzahl und CRP) der anschließend offen appendektomierten Patienten signifikant höher als die der laparoskopisch appendektomierten ($p = 0,0413$ bzw. $p = 0,029$). Abb. 14 und Abb. 15 sollen dies verdeutlichen.

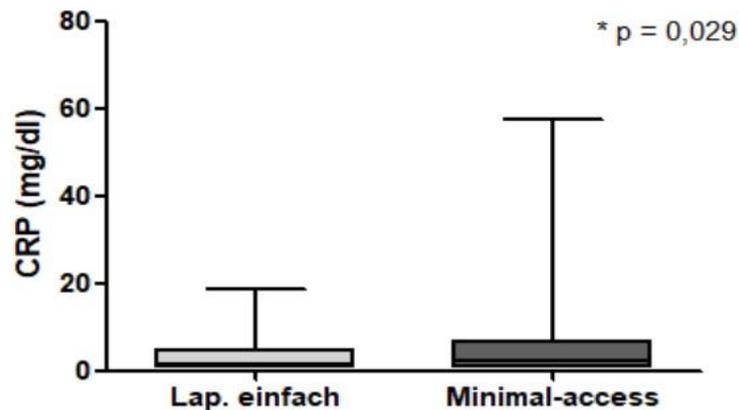


Abb. 14: Höhe des präoperativen CRP-Wertes der Patienten der beiden Subgruppen. Der CRP-Wert war in der Gruppe der anschließend über die *minimal-access* Technik operierten Patienten signifikant höher ($p = 0,029$).

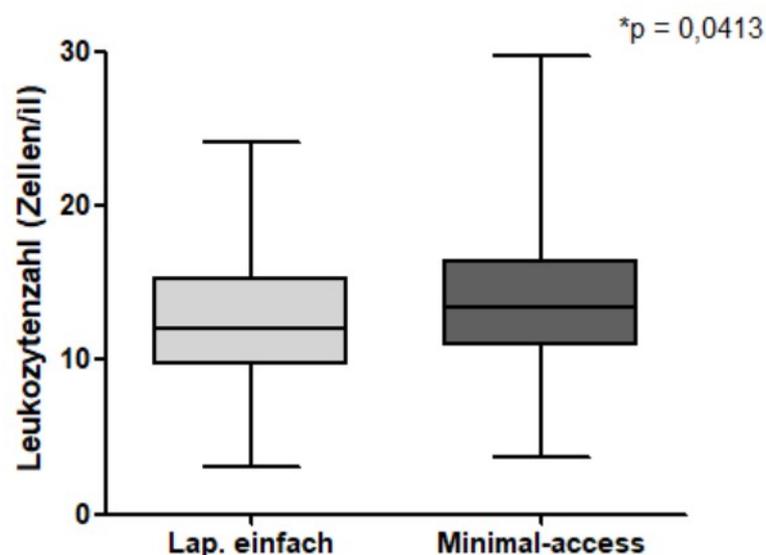


Abb. 15: Höhe des Leukozyten-Wertes der Patienten der beiden Subgruppen. Auch die Leukozytenanzahl war in der Gruppe der anschließend über die *minimal-access* Technik operierten Patienten mit $p = 0,0413$ signifikant höher als in der Subgruppe der laparoskopisch appendektomierten Patienten.

3.2.5 Modified Alvarado-Score

Für alle Patienten wurde der *modified* Alvarado-Score ermittelt, welcher die klinischen Kriterien einer Appendizitis zusammenfasst und somit zur Diagnosestellung herangezogen werden kann. Je höher der Score, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer akuten Appendizitis. Ob es einen Zusammenhang zwischen dem Alvarado-Score und dem ausgewählten operativen Verfahren gibt, ist anhand unserer Ergebnisse nicht eindeutig nachzuweisen (siehe Abb. 16). Lediglich für Patienten mit einem Alvarado-Score von 2 oder 9 kann eine Aussage getroffen werden. Bei einem Alvarado-Score von 2 wurde vorwiegend laparoskopiert. Bei einem Alvarado-Score von 9 hingegen, wurde vermehrt eine offene Appendektomie durchgeführt.

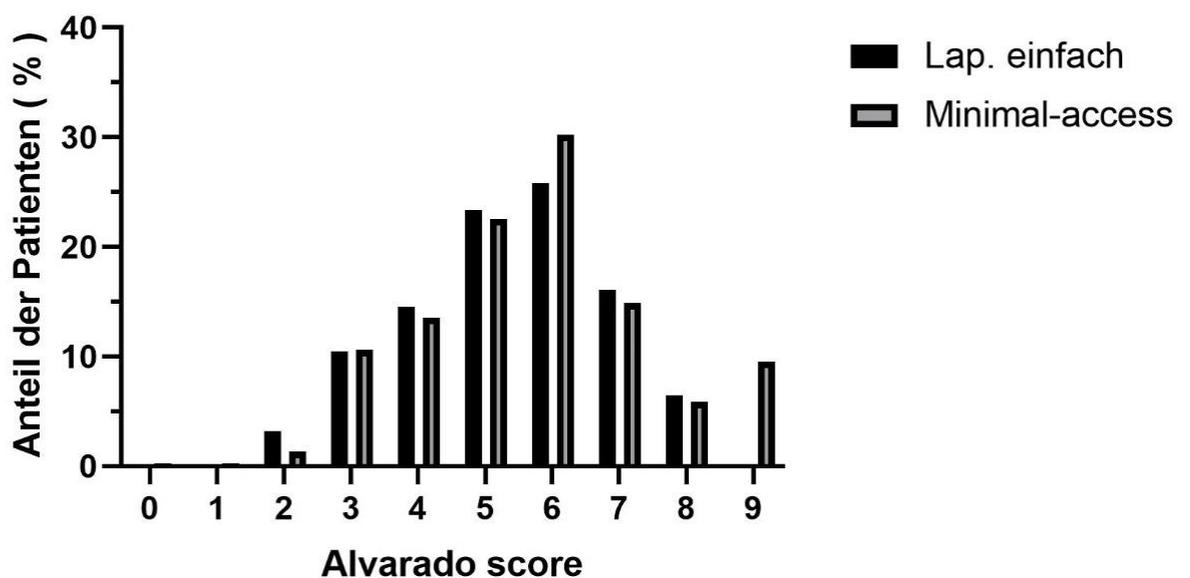


Abb. 16: Prozentuale Verteilung des *modified* Alvarado-Scores. Die Auswertung ergab einen durchschnittlichen Alvarado-Score von 5 Punkten in beiden Subgruppen. Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen der Höhe des Scores und dem anschließend ausgewählten operativen Verfahren.

3.2.6 Histopathologischer Befund des Appendix-Präparates

Die Mehrheit der laparoskopisch operierten Patienten zeigten nur eine leichtgradige Appendizitis entsprechend des histologischen Schweregrades 0 oder 1 (lymphofollikuläre Hyperplasie oder katarrhalische Appendizitis). Bei offener OP ergab die Histopathologie hingegen am häufigsten eine ulcero-phlegmonöse Entzündung entsprechend des histologischen Schweregrades 2 (siehe Abb. 17). Eine Korrelation zwischen dem Alvarado-Score und dem histologischen Schweregrad der Appendizitis ließ sich den Ergebnissen zufolge nicht nachweisen (siehe Abb. 18).

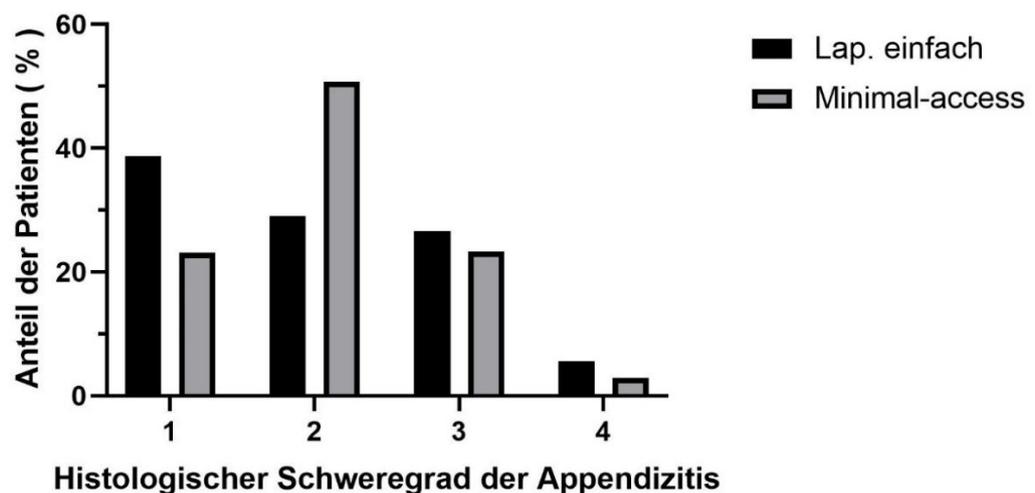


Abb. 17: Prozentuale Verteilung des histologischen Schweregrades der akuten Appendizitis in den jeweiligen Subgruppen

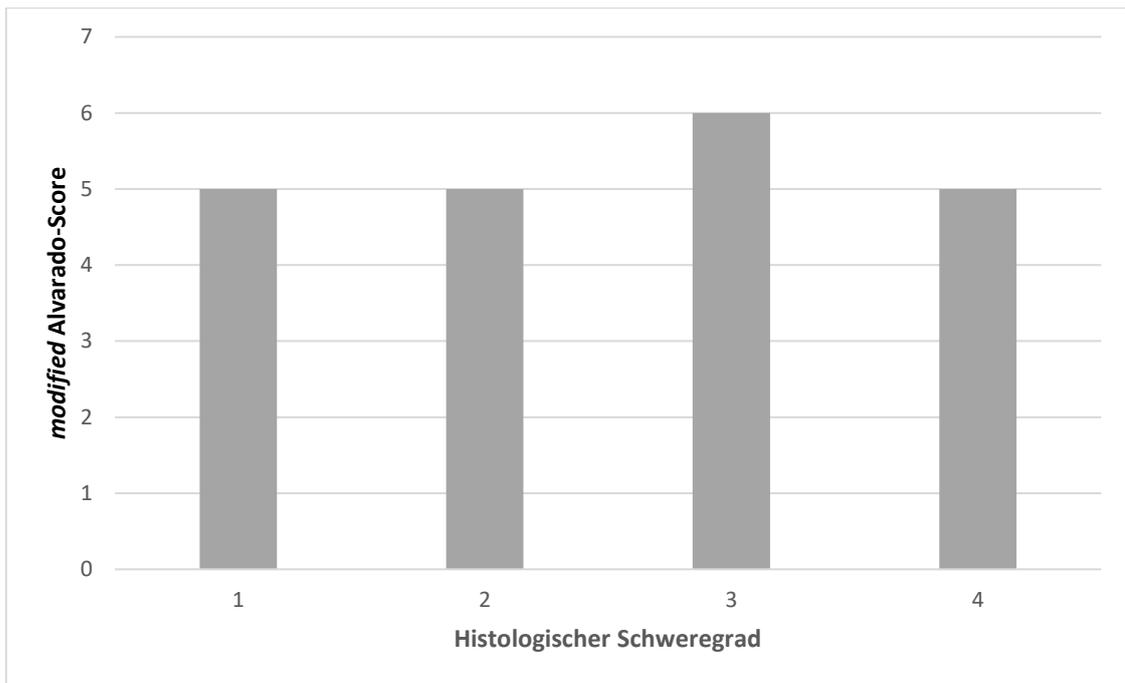


Abb. 18: Korrelation des histologischen Schweregrades mit dem *modified Alvarado*-Score

3.2.7 Komplikationsrate nach Clavien-Dindo

Nahezu 80% der Patienten beider Subgruppen zeigten nach Appendektomie einen komplikationslosen (CD = 0) und weitere 10-15% einen komplikationsarmen (CD = 1) Verlauf. Deutliche Unterschiede ergeben sich erst für die höhergradigen Komplikationen nach der Clavien-Dindo Klassifikation (siehe Abb. 19). Einen erhöhten Bedarf an medikamentöser Behandlung – entsprechend Grad 2 nach Clavien-Dindo – wiesen vermehrt laparoskopisch appendektomierte Patienten auf (ausgenommen sind hierbei unter Grad I aufgeführte Medikamente wie Antiemetika, Antipyretika, Diuretika und Elektrolyte). Schwerwiegende, teils auch lebensbedrohlichen Komplikationen (CD = 3 bzw. 4), die eine chirurgische, endoskopische oder radiologische Intervention nach sich zogen, wurden häufiger bei offen appendektomierten Patienten beobachtet als bei laparoskopisch operierten Patienten.

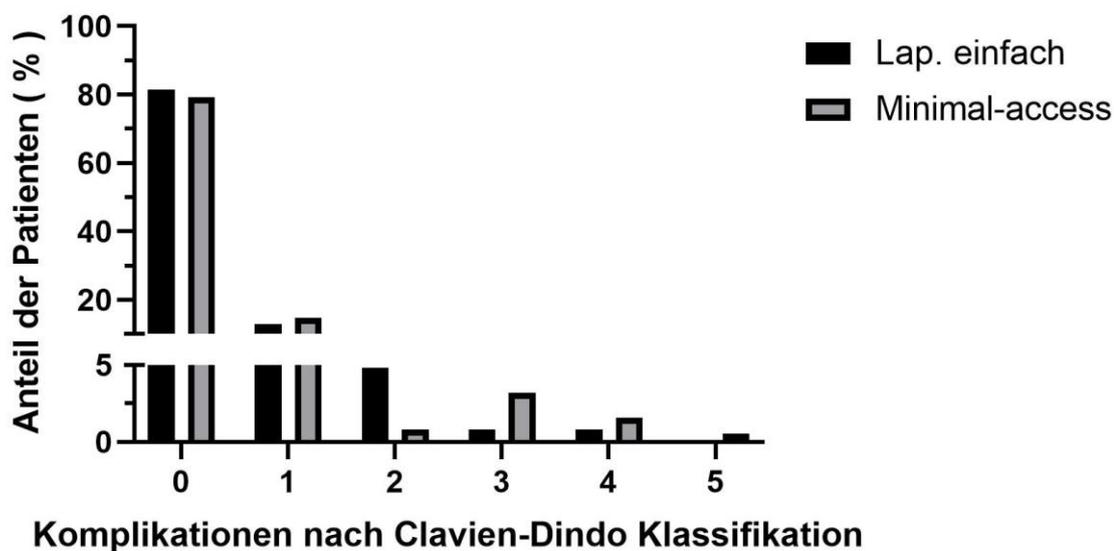


Abb. 19: Verteilung der postoperativen Komplikationen nach Clavien-Dindo. Nach Appendektomie zeigen nahezu 80% der Patienten beider Subgruppen einen komplikationslosen (CD = 0) und weitere 10-15% einen komplikationsarmen (CD = 1) Verlauf.

3.2.8 Liegedauer

Während die laparoskopisch appendektomierte Kohorte eine durchschnittliche Liegedauer von 4 Tagen hatte, war diese in der Subgruppe der *minimal-access* AE um einen Tag verlängert (siehe Abb. 20). Dieser Unterschied ist jedoch mit einem p-Wert von 0,506 nicht signifikant.

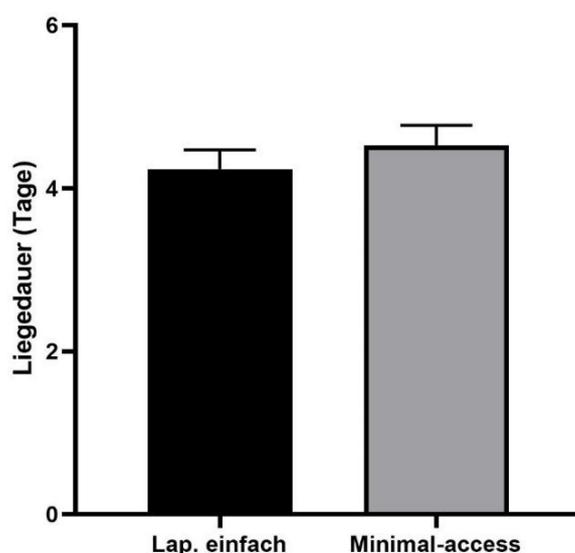


Abb. 20: Liegedauer der Subgruppen im Vergleich

4 Diskussion

4.1 Methodik

Das Ziel dieser Arbeit war es, die zwei häufigsten chirurgischen Verfahren der Appendektomie retrospektiv zu analysieren und hinsichtlich prä-, intra- und postoperativen Kriterien miteinander zu vergleichen. Die in der Klinik aktuell als Goldstandard propagierte laparoskopische Appendektomie habe ich mit der weniger verbreiteten *minimal-access* Appendektomie verglichen, um mögliche Vor- und Nachteile der Verfahren zu definieren.

Die retrospektive Auswertung wurde gewählt, um die Beobachtung eines größeren Kollektivs zu ermöglichen und fragliche Zusammenhänge zu eruieren, was bei komplikationsarmen Standardeingriffen wie der klassischen Appendektomie besonders wichtig ist. Hierfür wurden die digital vorliegenden Patientendaten und die Dokumentation des klinischen Aufenthaltes herangezogen. Vergleichbar mit anderen retrospektiven Studien ergeben sich hieraus gewisse Limitierungen. Das Format der vorliegenden Aufnahme- und Dokumentationsbögen hat sich im Laufe der Jahre teils stark verändert, sodass diese über den Beobachtungszeitraum hinweg nicht identisch waren. Die Dokumentationen der ersten Jahre des Beobachtungszeitraums (2010-2015) wurden handschriftlich ausgefüllt und anschließend eingescannt, sodass einige Informationen unleserlich waren und nicht berücksichtigt werden konnten. Außerdem wurden die Daten von dem jeweiligen Dienstarzt erhoben, weshalb sie untersucherabhängig und nicht standardisiert vorlagen. Wurden Symptome oder Untersuchungsbefunde nicht dokumentiert, so wurde in der Auswertung angenommen, dass diese nicht vorlagen. Alle anamnestisch erhobenen Daten waren subjektive Angaben der Patienten und unterliegen somit einer gewissen Fehleranfälligkeit.

4.2 Patientenkollektiv

Das Universitätsklinikum Düsseldorf behandelt als Maximalversorger mit Versorgungsauftrag jährlich eine große Anzahl an Patienten mit einer akuten Appendizitis. Da die Patienten nicht nur aus der Landeshauptstadt kommen, sondern häufig auch aus umgebenden Kreiskrankenhäusern ins UKD verlegt werden, haben wir es hier mit einem sehr heterogenen Gesamtkollektiv zu tun. In vielen Fällen handelt es sich um multimorbide

Patienten mit komplexen Krankheitsbildern und einer untypischen Symptomatik, wodurch sich das Patientenkollektiv von dem eines regelversorgenden Krankenhauses unterscheidet (*Krankenhaus-Report 2015: Schwerpunkt: Strukturwandel / mit Online-Zugang zum Internetportal: www.krankenhaus-report-online.de*, 2015).

Obwohl die höchste Inzidenz der Appendizitis im Kindes- und Jugendalter liegt, wählten wir für unsere Analyse ausschließlich erwachsene Patienten, da die Studienlage für diese Patientengruppe trotz der zunehmenden Relevanz im Hinblick auf den demographischen Wandel noch spärlich ist.

Die Größe unseres Gesamtkollektivs ist vergleichbar mit dem anderer Studien, die sich mit dem Vergleich zwischen laparoskopischer und offener Appendektomie beschäftigten (Lee & Ho, 2006; Pereira *et al.*, 2019). Betrachtet man allerdings die Literatur zur *minimal-access* Appendektomie, so wurden meist nur kleine Patientenkollektive ($n < 100$) untersucht (Malik *et al.*, 2007; Javadi *et al.*, 2017). Wir haben die hohe Anzahl an Patienten gewählt, um auch kleine Unterschiede zwischen den Gruppen statistisch zu erfassen.

4.3 Erhobene Parameter und Einflussfaktoren

Im Folgenden werden die untersuchten Parameter und Einflussfaktoren sowohl für das Gesamtkollektiv, als auch für die beiden Subgruppen diskutiert. Um einen möglichst präzisen Vergleich der beiden Subgruppen zu ermöglichen und ggf. ein „maßgeschneidertes“ Behandlungskonzept für bestimmte Konstellationen zu identifizieren, haben wir eine Vielzahl verschiedener Parameter in unsere Analyse einbezogen.

4.3.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Bei der akuten Appendizitis handelt es sich nach wie vor um eine Erkrankung, die häufiger junge Patienten betrifft. Eine der wohl bedeutendsten Veröffentlichungen hinsichtlich der Epidemiologie dieses Krankheitsbildes ist die im Jahr 1990 publizierte Studie von Addiss *et al.* Diese epidemiologische Analyse ergab einen Altersgipfel der akuten Appendizitis zwischen 10 und 19 Jahren. Zahlreiche darauf folgende Publikationen konnten diese Altersverteilung bestätigen (Noudeh *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2010; Sulu *et al.*, 2010) und

auch unsere Ergebnisse zeigen trotz Ausschluss minderjähriger Patienten, eine Prädominanz der akuten Appendizitis in der jüngsten Altersgruppe von 18 – 25 Jahren.

Andere Studien stellten in den letzten Jahren schon eine Verschiebung der Altersverteilung hin zu immer älteren Patienten fest (Segev *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2019). Dies könnte zum einen auf den demographischen Wandel und die zunehmende Lebenserwartung zurückzuführen sein, zum anderen aber auch auf einen veränderten Lebensstil oder verschiedene Umweltfaktoren (Ernährung, Bewegungsmangel, Stress). Unsere Ergebnisse zeigen eine große Spannweite des Alters der Betroffenen bis hin zu 92 Jahren. Die Inzidenz der akuten Appendizitis nimmt allerdings in unserem Patientenkollektiv mit zunehmendem Alter ab. Um eine Veränderung in der Altersverteilung über die Jahre hinweg darzustellen, wäre eine prospektive Studie besser geeignet.

Hinsichtlich der Geschlechterverteilung zeigte sich auch in unserem Patientenkollektiv - ähnlich anderer Studien (Addiss *et al.*, 1990; Al-Omran *et al.*, 2003; Sulu *et al.*, 2010) - mit einem Verhältnis von 1,3:1 eine leicht erhöhte Inzidenz der Appendizitis bei Männern [56,7%] im Vergleich zu Frauen [43,2%].

Betrachtet man die beiden prädominanten Subgruppen, so sind hinsichtlich der Altersverteilung keine signifikanten Unterschiede zu erkennen. Auffällig ist jedoch, dass aus der Gruppe der laparoskopisch appendektomierten Patienten, 60,8% weiblich sind. Dies steht im Einklang zu zahlreichen anderen Publikationen (Guller *et al.*, 2004; Andric *et al.*, 2020) und lässt sich am ehesten dadurch erklären, dass Frauen häufiger eine laparoskopische Exploration im Rahmen der Diagnostik erhalten, um die Vielzahl gynäkologischer Differentialdiagnosen auszuschließen.

4.3.2 Aufnahmebefunde

Die akute Appendizitis ist eine klinische Diagnose, weshalb die Symptomatik bei Aufnahme und die Befunde der körperlichen Untersuchung in unserer Studie eine große Rolle gespielt haben. Nahezu alle Patienten unseres Kollektivs ($n = 653$; 99,2%) stellten sich aufgrund von abdominellen Schmerzen in der zentralen Notaufnahme vor, was zwar dem Leitsymptom der akuten Appendizitis entspricht, jedoch letztlich sehr unspezifisch ist. Mehrere Autoren, die die Gütekriterien der einzelnen Symptome näher untersucht haben sind zu dem Ergebnis gekommen, dass das Symptom mit dem höchsten positiv prädiktiven Wert die Schmerzwanderung vom Oberbauch in den rechten Unterbauch darstellt (Lee *et*

al., 2001; Old *et al.*, 2005; Humes & Simpson, 2012). Aus unserem Patientenkollektiv gaben 30,4% der Patienten diese Schmerzwanderung in der Anamnese an. Die Prävalenz dieses Symptoms liegt damit deutlich unter dem in der Literatur genannten Wert von 50% (Lee *et al.*, 2001; Old *et al.*, 2005; Humes & Simpson, 2012). Es ist denkbar, dass dieses Symptom in den oben genannten Studien aktiv erfragt und dadurch das Vorhandensein von einer größeren Anzahl an Patienten bejaht wurde. Gleichmaßen könnte unser Ergebnis durch fehlendes Nachfragen des Untersuchers und nicht Erwähnen des Patienten, tendenziell niedriger ausgefallen sein.

Anamnestisch gaben aus unserem Kollektiv 480 Patienten (72,9%) einen Symptombeginn vor weniger als 48 Stunden an, was die Annahme unterstützt, dass eine akute Appendizitis einen rasch progressiven Verlauf zeigt (Peiper, 2006).

Betrachtet man die Befunde der körperlichen Untersuchung, so gaben 91,8% unserer Patienten einen Druckschmerz im rechten Unterbauch an. Dies wurde von Alvarado *et al.* in der Originalstudie von 1986 zum Alvarado-Score als das Untersuchungszeichen mit der höchsten Sensitivität beziffert (Alvarado, 1986).

Die Ausprägung dieser typischen Symptomkonstellation ist allerdings von verschiedenen Faktoren abhängig, wie zum Beispiel der anatomischen Lagevariationen der Appendix vermiformis oder dem Alter und den Komorbiditäten des Patienten (Humes & Simpson, 2012).

Laborchemisch zeigten sich in der Subgruppe der offen *minimal-access* AE signifikant höhere Entzündungswerte (CRP und Leukozytenzahl) als in der laparoskopisch appendektomierten Kohorte. Eine Korrelation zwischen den Laborwerten und dem ausgewählten OP-Verfahren erscheint plausibel, da höhere Entzündungswerte mit einer eindeutigeren Klinik einhergehen, wodurch die diagnostische Sicherheit steigt und eine lokale offene Operation mit hoher Wahrscheinlichkeit ausreicht. Ist hingegen die Klinik uneindeutig, tendiert man aufgrund der Unsicherheit zu einer laparoskopischen Intervention, um ggf. auch andere mögliche Diagnosen auszuschließen.

4.3.3 BMI-Wert

Die Diagnostik der akuten Appendizitis ist bei Patienten mit einem BMI-Wert $> 25 \text{ kg/m}^2$ häufig problematisch. Laut (Sauvain *et al.*, 2016) sind etwa 42% der sonographischen Befunde bei adipösen Patienten aufgrund der erschwerten Schallbedingungen uneindeutig. Aufgrund der diagnostischen Unsicherheit wird häufig zusätzlich eine CT- oder Röntgen-Untersuchung durchgeführt. Dies ist auch aus unseren Ergebnissen ersichtlich (s. Tabelle 10). Der Großteil unserer Patienten ($n= 428$; 65%) konnte ausschließlich mittels klinischer Untersuchung und Sonographie diagnostiziert werden, was die Vorteile bietet, dass es eine schnelle, kostengünstige und ohne Strahlenbelastung einhergehende Diagnostik ist. Dabei beträgt der durchschnittliche BMI-Wert dieser Gruppe 25 kg/m^2 und liegt dementsprechend an der Grenze zwischen Normalgewicht und leichtem Übergewicht. Die zweite Gruppe hingegen hat zusätzlich zur Sonographie eine weitere Bildgebung benötigt. Diese Gruppe zeigt mit $27,4 \text{ kg/m}^2$ einen deutlich höheren durchschnittlichen BMI-Wert. Diese Ergebnisse legen nahe, dass ein Zusammenhang zwischen dem BMI-Wert und der notwendigen Diagnostik besteht – als erwartbare Kausalität schränkt ein erhöhtes Körpergewicht die Genauigkeit der klinischen Diagnostik im Hinblick auf die Schmerzlokalisation und die klinische Testung auf Peritonismus-Zeichen ein.

Betrachtet man nun die Subgruppen der laparoskopisch einfachen und *minimal-access* Appendektomien, so hatten die laparoskopisch appendektomierten Patienten einen weitaus höheren durchschnittlichen BMI-Wert (28 kg/m^2) als die Patienten der *minimal-access* Gruppe (25 kg/m^2). Aufgründdessen wäre in der laparoskopisch appendektomierten Gruppe eine höhere Rate an Schnittbildgebung zu erwarten. Tatsächlich haben jedoch 23,3% der laparoskopisch appendektomierten und 25% der offen appendektomierten Patienten eine zusätzliche CT-Untersuchung erhalten. Dieser vermeintliche Widerspruch erklärt sich durch die klinikinterne Behandlungspraxis prinzipiell eine konventionelle Appendektomie zu bevorzugen, sofern die Diagnose einer akuten Appendizitis mit hinreichender klinischer Sicherheit gestellt werden konnte und die anatomischen Verhältnisse einen konventionellen Zugang mit kosmetischer Überlegenheit erwarten lassen. Die Folge ist, dass insbesondere auch bei diagnostischer Unsicherheit die Vorteile einer laparoskopischen Exploration genutzt werden. Nach erfolgter Schnittbildgebung mit der Feststellung einer isolierten Pathologie im Bereich der Appendix, wird entsprechend oftmals ein offenes Verfahren gewählt, da auf die vollständige abdominelle Exploration verzichtet werden kann.

Der BMI-Wert scheint auch in anderen Studien ausschlaggebend für die Durchführung einer *minimal-access* Appendektomie zu sein (Özsan *et al.*, 2014). So wurden bisher *minimal-access* Appendektomien hauptsächlich an Kindern und Patienten mit einem niedrigen BMI-Wert angewendet (Malik *et al.*, 2007; Özsan *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2018). Akıncı *et al.* erweitern allerdings in Ihrer Studie die Möglichkeit und den Vorteil einer *minimal-access* Appendektomie für Patienten mit einem BMI-Wert bis zu 30 kg/m² (Akıncı *et al.*, 2021)

4.3.4 *Modified Alvarado-Score*

Der *modified Alvarado-Score* fasst alle wichtigen Diagnosekriterien einer akuten Appendizitis zusammen und ermöglicht eine Abschätzung der Wahrscheinlichkeit dieses Krankheitsbildes. Die Berechnung des *modified Alvarado-Scores* wurde gewählt, um die klinischen Befunde der Patienten zu vereinheitlichen und somit einen genaueren Vergleich zu ermöglichen. Dieser Score setzt sich zum einen aus subjektiven anamnestischen Angaben des Patienten, als auch aus messbaren Parametern (z.B. Laborwerten) zusammen. Da viele Patienten nur ungenaue Angaben bezüglich des Beginns und Verlaufs ihrer Symptomatik machen konnten, haben wir den Zeitraum von Symptombeginn bis zur Vorstellung in der zentralen Notaufnahme in zwei Untergruppen aufgeteilt: < 48 h und > 48h.

Inwiefern dieser Score mit dem tatsächlichen Schweregrad der Appendizitis korreliert, bleibt fraglich. Einige Publikationen konnten zeigen, dass der Alvarado-Score sowohl ein Prädiktor des intraoperativen Schweregrades, als auch des Ausmaßes der histopathologisch nachweisbaren Entzündung ist (Sousa-Rodrigues *et al.*, 2014; Yılmaz *et al.*, 2017; Al-Tarakji *et al.*, 2022).

Aus unseren Ergebnissen geht allerdings keine Korrelation zwischen der klinischen Manifestation (*modified Alvarado-Score*) und dem histologischen Schweregrad der Appendizitis hervor.

Es wäre denkbar, dass nicht erinnerliche Symptome oder fehlerhafte Angaben der Patienten zu einem tendenziell niedrigeren Score geführt haben könnten, als zum Schweregrad der Appendizitis zu erwarten gewesen wäre. Auch das höhere Lebensalter und eine Immunsuppression könnten einen Einfluss auf die klinische Manifestation der akuten Appendizitis und somit auf den Score gehabt haben. Häufig zeigt sich die akute Appendizitis bei diesen Patientengruppen in einer abgeschwächten Form (Hanisch, 2005) mit teils

atypischer Symptomatik (Andric *et al.*, 2020), weshalb auch hier mit höherer Wahrscheinlichkeit der Score niedriger ausfällt.

4.3.5 OP-Verfahren

In den letzten Jahren ist der Anteil laparoskopischer Appendektomien in Deutschland von 53,5% auf 81,6% rasant angestiegen (Rolle & Maneck, 2016). In vielen Krankenhäusern gilt die laparoskopische Appendektomie inzwischen als das Verfahren der Wahl (Reissfelder *et al.*, 2009). Zwar wurden schon etliche Studien zu den Vor- und Nachteilen beider Verfahren publiziert, doch das Thema scheint immer wieder erneut in den Fokus zu gelangen. Während ältere Studien häufig zu dem Entschluss kommen, dass die laparoskopische Appendektomie gegenüber der konventionellen offenen Appendektomie deutliche Vorteile zu bieten hat (Attwood *et al.*, 1992; Frazee *et al.*, 1994; Cox *et al.*, 1996), ergeben Publikationen der letzten 15 Jahre ein sehr ähnliches Outcome der beiden Verfahren (Tzovaras *et al.*, 2010; Khalil *et al.*, 2011; Kocataş *et al.*, 2013). Ein möglicher Grund für das Angleichen des Outcomes ist das Einführen der sogenannten Fast-track-Chirurgie und die beim offenen Verfahren immer häufiger angewendete *minimal-access* Chirurgie, die wie auch im Falle der Appendektomie im Vergleich zur Laparoskopie weniger traumatisch ist. Am Universitätsklinikum Düsseldorf ist letztgenanntes seit vielen Jahren das Operationsverfahren der Wahl. Meinen Ergebnissen zufolge, wurden im Untersuchungszeitraum 75,2% aller Patienten mit unkomplizierter Appendizitis über einen *minimal-access* operiert. Nur in gesonderten Fällen (Adipositas, unklare Diagnose, bestimmte Komorbiditäten) oder auf Wunsch des Patienten wird eine laparoskopische Operation durchgeführt.

4.3.6 Verteilung der histologischen Befunde

Meinen Ergebnissen zufolge zeigt sich keine Korrelation zwischen der Schwere der Klinik (entsprechend des *modified* Alvarado-Scores) und dem histopathologischen Befund. Der mittlere Alvarado-Score schwankt für alle histologischen Schweregrade der Appendizitis zwischen 5 und 6.

Allerdings kann man histopathologisch feststellen, dass laparoskopisch appendektomierte Patienten häufiger eine blande bis leicht entzündete Appendix zeigen, während bei offen

appendektomierten Patienten in der Mehrheit der Fälle eine mittelschwere Entzündung nachgewiesen werden konnte. Dies würde dafürsprechen, dass die klinische Manifestation – entgegen der Aussage des *modified* Alvarado-Scores – der entscheidende Faktor für die Wahl des OP-Verfahrens gewesen sein muss. Demnach hätte eine uneindeutigere Symptomatik eher eine laparoskopische Appendektomie nach sich gezogen. Diese These wäre durchaus stimmig im Sinne der Entscheidungsfindung zum OP-Verfahren, wie es in dieser Klinik praktiziert wird, ließe jedoch darauf schließen, dass der modifiziert Alvarado-Score daran scheitert diese diagnostische Unsicherheit in den erhobenen Punktwerten abzubilden.

4.3.7 Postoperative Komplikationen und Liegedauer

Die Komplikationsrate nach einer Operation hat selbstverständlich einen großen Einfluss auf die Liegedauer der Patienten. Diese wiederum hat eine hohe ökonomische Relevanz und kann einen entscheidenden Faktor in der Wahl des OP-Verfahrens darstellen.

Mehrere Studien, die den postoperativen Verlauf dieser beiden Operationsverfahren analysiert haben, sind zu dem Ergebnis gekommen, dass die Komplikationsrate und Liegedauer nach laparoskopischer Appendektomie deutlich niedriger ist als nach konventionell offener Appendektomie (Guller *et al.*, 2004; Li, 2010b, 2010a; Wei *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2016).

Entgegen den Ergebnissen dieser Studien, zeigten die Patienten hier allerdings eine vergleichbare Liegedauer nach *minimal-access* Appendektomie im Vergleich zum laparoskopischen Verfahren. Zum einen möchte ich hervorheben, wie wichtig hierbei die Unterscheidung einer unkomplizierten Appendektomie von einem Eingriff bei einer beispielsweise perforierten Appendix mit stuhliker Peritonitis ist. Da in solchen Fällen der Goldstandard noch immer die offene Chirurgie ist, würden diese komplikationsträchtigen Fälle ohne eine entsprechende Vorauswahl die Auswertung der offenen Appendektomie stark negativ beeinflussen. Jedoch geht auch die Auswertung von unkomplizierten Routineeingriffen mit gewissen Tücken einher. Gerade bei der routinemäßig sehr kurzen Verweildauer im Krankenhaus zeigen sich nicht alle Komplikationen bereits im stationären Aufenthalt, so dass die Vergleichbarkeit der Erholungsdauer im Hinblick auf die stationäre Behandlung begrenzt bleibt. Mögliche Ursachen für eine Verlängerung des stationären Aufenthaltes sind dabei oftmals mehr im Rahmen des Eingriffs definierte Auflagen als die

tatsächliche Qualität der Genesung. Als Beispiel sei hier das Einbringen einer Drainage angeführt, welches sicherlich ein Confounder unseres Kollektivs darstellt. Bei Vorliegen einer intraabdominellen Drainage verlängert sich der Krankenhausaufenthalt oftmals um einen Tag, da diese im Rahmen des Kostaufbaus evaluiert, im Verlauf entfernt und eine klinische Reevaluation nach Drainageentfernung gefordert wird. Patienten, die eine Drainage erhalten weisen demnach unabhängig vom gewählten Verfahren eine vergleichbar verlängerte Liegedauer auf. Die laparoskopische Übersicht des Situs und der ohnehin vorliegende zusätzliche Trokar-Zugang im Rahmen der Laparoskopie scheint nach subjektiver Erfahrung das Einbringen einer Drainage zu begünstigen, was im Hinblick auf die Liegedauer zum Nachteil der Laparoskopie führen könnte.

Des Weiteren wird im Gegensatz zur laparoskopischen Appendektomie die offene Appendektomie vorwiegend bei schlanken Patienten durchgeführt, die oftmals weniger durch Risikofaktoren und Komorbiditäten belastet sind, da sich nur bei einer schlanken Bauchdecke der kosmetische Vorteil des *minimal-access* Wechselschnittes ausspielen lässt. Auch dieser Umstand könnte einen Einfluss auf den postoperativen Verlauf haben.

4.3.8 Schlussfolgerung

Die vergleichende Analyse der laparoskopischen versus offenen *minimal-access* Appendektomie hat meine Eingangsthese insoweit bestätigt, dass letztgenanntes Verfahren keine signifikanten Unterschiede im postoperativen Verlauf zeigt und somit als sichere Alternative zur laparoskopischen Appendektomie gelten kann. Bisher wurde die offene *minimal-access* Appendektomie am UKD hauptsächlich für unkomplizierte Appendizitiden eingesetzt, da für die Entfernung einer perforierten Appendix vermiformis gehäuft invasivere Methoden notwendig sind. Als weiteres Kriterium für die Anwendung dieses Verfahrens stellte sich der BMI-Wert heraus. So erhielten Patienten mit einem BMI-Wert $<25 \text{ kg/m}^2$ eher eine *minimal-access* Appendektomie, während übergewichtige Patienten tendenziell laparoskopisch appendektomiert wurden. Die stationäre Liegedauer nach Appendektomie und die Komplikationsrate nach Clavien-Dindo zeigten zwischen den beiden Subgruppen keine signifikanten Unterschiede.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die offene *minimal-access* AE vor allem für schlanke Patienten (BMI-Wert $< 25 \text{ kg/m}^2$) mit eindeutiger Klinik einer akuten Appendizitis hinsichtlich des postoperativen Outcomes eine weniger invasive und dadurch kosmetisch ansprechendere Alternative zur laparoskopischen AE darstellt. Um einen genaueren

Vergleich zu ermöglichen und die vorausgesetzten Kriterien erweitern zu können, wäre eine klinisch prospektive Studie hilfreich.

5 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Addiss, D.G., Shaffer, N., Fowler, B.S. & Tauxe, R.V. (1990) The epidemiology of appendicitis and appendectomy in the United States. *American Journal of Epidemiology*, 132(5), 910–925. Available from: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a115734>.
- Akinci, O., Abdulrahman, S.M.F.A. & Gungör, Ö. (2021) Laparoskopik apendektomiye karşı mini-insizyon açık apendektomi: Bir kırsal hastane deneyimi. *Ulusal Travma Ve Acil Cerrahi Dergisi = Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery : TJTES*, 27(3), 310–314. Available from: <https://doi.org/10.14744/tjtes.2020.83023>.
- Al-Abed, Y.A., Alobaid, N. & Myint, F. (2015) Diagnostic markers in acute appendicitis. *American Journal of Surgery*, 209(6), 1043–1047. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2014.05.024>.
- Al-Omran, M., Mamdani, M. & McLeod, R.S. (2003) Epidemiologic features of acute appendicitis in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien De Chirurgie*, 46(4), 263–268.
- Alshebromi, M.H., Alsaigh, S.H. & Aldhubayb, M.A. (2019) Sensitivity and specificity of computed tomography and ultrasound for the prediction of acute appendicitis at King Fahad Specialist Hospital in Buraidah, Saudi Arabia. *Saudi Medical Journal*, 40(5), 458–462. Available from: <https://doi.org/10.15537/smj.2019.5.23777>.
- Al-Tarakji, M., Zarour, A., Singh, R. & Ghali, M.S. (2022) The Role of Alvarado Score in Predicting Acute Appendicitis and Its Severity in Correlation to Histopathology: A Retrospective Study in a Qatar Population. *Cureus*, 14(7), e26902. Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.26902>.
- Alvarado, A. (1986) A practical score for the early diagnosis of acute appendicitis. *Annals of Emergency Medicine*, 15(5), 557–564. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(86\)80993-3](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(86)80993-3).
- Anderson, J.E., Bickler, S.W., Chang, D.C. & Talamini, M.A. (2012) Examining a common disease with unknown etiology: trends in epidemiology and surgical management of appendicitis in California, 1995–2009. *World Journal of Surgery*, 36(12), 2787–2794. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00268-012-1749-z>.
- Andersson, R.E.B. (2004) Meta-analysis of the clinical and laboratory diagnosis of appendicitis. *The British Journal of Surgery*, 91(1), 28–37. Available from: <https://doi.org/10.1002/bjs.4464>.
- Andric, M., Kalff, J.C., Schwenk, W., Farkas, S., Hartwig, W. & Türler, A. et al. (2020) Empfehlungen zur Therapie der akuten Appendizitis : Empfehlungen einer Expertengruppe vor dem Hintergrund der aktuellen Literatur. *Der Chirurg*, 91(9), 700–711. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-020-01237-0>.
- Arnbjörnsson, E. & Bengmark, S. (1983) Obstruction of the appendix lumen in relation to pathogenesis of acute appendicitis. *Acta Chirurgica Scandinavica*, 149(8), 789–791.
- Attwood, S.E., Hill, A.D., Murphy, P.G., Thornton, J. & Stephens, R.B. (1992) A prospective randomized trial of laparoscopic versus open appendectomy. *Surgery*, 112(3), 497–501.
- Awayshih, M.M.A., Nofal, M.N. & Yousef, A.J. (2019) Evaluation of Alvarado score in diagnosing acute appendicitis. *The Pan African Medical Journal*, 34, 15. Available from: <https://doi.org/10.11604/pamj.2019.34.15.17803>.

- Baird, D.L.H., Simillis, C., Kontovounisios, C., Rasheed, S. & Tekkis, P.P. (2017) Acute appendicitis. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 357, j1703. Available from: <https://doi.org/10.1136/bmj.j1703>.
- Becker, K. & Höfler, H. (2002) Pathologie der Appendizitis. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*, 73(8), 777–781. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-002-0513-6>.
- Benedetto, G., Ferrer Puchol, M.D. & Llavata Solaz, A. (2019) Sospecha de apendicitis aguda en adultos. El valor de la ecografía en nuestro hospital. *Radiologia*, 61(1), 51–59. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rx.2018.08.007>.
- Bhangu, A., Søreide, K., Di Saverio, S., Assarsson, J.H. & Drake, F.T. (2015) Acute appendicitis: modern understanding of pathogenesis, diagnosis, and management. *Lancet (London, England)*, 386(10000), 1278–1287. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00275-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00275-5).
- Billmann, F. & Keck, T. (2017) *Facharztwissen Viszeral- und Allgemein Chirurgie*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg.
- Binnebösel, M., Otto, J., Stumpf, M., Mahnken, A.H., Gassler, N. & Schumpelick, V. et al. (2009) Akute Appendizitis. Moderne Diagnostik--der chirurgische Ultraschall. *Der Chirurg*, 80(7), 579–587. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-009-1684-1>.
- Birnbaum, B.A. & Wilson, S.R. (2000) Appendicitis at the millennium. *Radiology*, 215(2), 337–348. Available from: <https://doi.org/10.1148/radiology.215.2.r00ma24337>.
- Braun, M. & Kirschniak, A. (2017) Appendizitis. In: Germer, C.-T., Keck, T. & Grundmann, R.T. (Eds.) *Evidenzbasierte Viszeralchirurgie benigner Erkrankungen*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, pp. 157–171.
- Büchler, M.W. & Wente, M.N. (2009) Akute Appendizitis: Aktueller chirurgischer Stellenwert der Diagnostik und Standards der Therapie. *Der Chirurg*, 80(7), 577–578. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-009-1755-3>.
- Buckius, M.T., McGrath, B., Monk, J., Grim, R., Bell, T. & Ahuja, V. (2012) Changing epidemiology of acute appendicitis in the United States: study period 1993–2008. *The Journal of Surgical Research*, 175(2), 185–190. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.07.017>.
- Charfi, S., Sellami, A., Affes, A., Yaïch, K., Mzali, R. & Boudawara, T.S. (2014) Histopathological findings in appendectomy specimens: a study of 24,697 cases. *International Journal of Colorectal Disease*, 29(8), 1009–1012. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00384-014-1934-7>.
- Christ, B. (2008) *Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungslehre, Skelett- und Muskelsystem, Atemsystem, Verdauungssystem, Harn- und Genitalsystem*. Edited by Detlev Drenckhahn, 17th edition, München. Elsevier, Urban & Fischer (Anatomie, 1).
- Cibert-Goton, V., Kung, V.W.S., McGuire, C., Hockley, J.R.F., Tranter, M.M. & Dogra, H. et al. (2020) Functional and anatomical deficits in visceral nociception with age: a mechanism of silent appendicitis in the elderly? *Pain*, 161(4), 773–786. Available from: <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001764>.
- Çiftçi, F. (2015) Laparoscopic vs mini-incision open appendectomy. *World Journal of Gastrointestinal Surgery*, 7(10), 267–272. Available from: <https://doi.org/10.4240/wjgs.v7.i10.267>.
- Cobben, L., Groot, I., Kingma, L., Coerkamp, E., Puylaert, J. & Blickman, J. (2009) A simple MRI protocol in patients with clinically suspected appendicitis: results in 138 patients and effect on outcome of appendectomy. *European Radiology*, 19(5), 1175–1183. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00330-008-1270-9>.

- Constantinidou, E. (2006) Das Veroskop: Die Veress-Nadel mit Optik, ein neues Konzept in der endoskopischen Chirurgie. *Geburtshilfe und Frauenheilkunde*, 66(S 01). Available from: <https://doi.org/10.1055/s-2006-952636>.
- Cox, M.R., McCall, J.L., Toouli, J., Padbury, R.T., Wilson, T.G. & Wattchow, D.A. et al. (1996) Prospective randomized comparison of open versus laparoscopic appendectomy in men. *World Journal of Surgery*, 20(3), 263–266. Available from: <https://doi.org/10.1007/s002689900041>.
- Dindo, D., Demartines, N. & Clavien, P.-A. (2004) Classification of Surgical Complications: A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey. *Annals of Surgery*, 240(2), 205–213. Available from: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae>.
- D'Souza, N. & Nugent, K. (2016) Appendicitis. *American Family Physician*, 93(2), 142–143.
- Evola, G., Lanaia, A., Cantella, R., Di Fidio, C., Di Fede, G.F. & Piazza, L. (2022) Subhepatic perforated acute appendicitis in a patient with midgut malrotation: A case report and review of the literature. *International Journal of Surgery Case Reports*, 95, 107249. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2022.107249>.
- Faßbender, R. (2017) *HistoPur: Kursbezogen und einfach!* tredition: Hamburg.
- Feeney, G., Hannan, E., Alagha, M. & Abdeldaim, Y. (2022) Left-sided appendicitis in intestinal malrotation: a minimally invasive approach. *Journal of Surgical Case Reports*, 2022(6), rjac274. Available from: <https://doi.org/10.1093/jscr/rjac274>.
- Flum, D.R. & Koepsell, T. (2002) The clinical and economic correlates of misdiagnosed appendicitis: nationwide analysis. *Archives of Surgery (Chicago, Ill. : 1960)*, 137(7), 799-804; discussion 804. Available from: <https://doi.org/10.1001/archsurg.137.7.799>.
- Förster, S., Bernhardt, J. & Ludwig, K. (2019) Appendektomie: offen vs. laparoskopisch vs. Single-Port : Evidenz der operativen Verfahrenswahl. *Der Chirurg*, 90(3), 186–193. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-018-0758-3>.
- Franke, C., Böhner, H., Yang, Q., Ohmann, C. & Röher, H.D. (1999) Ultrasonography for diagnosis of acute appendicitis: results of a prospective multicenter trial. Acute Abdominal Pain Study Group. *World Journal of Surgery*, 23(2), 141–146. Available from: <https://doi.org/10.1007/pl00013165>.
- Frazer, R.C., Roberts, J.W., Symmonds, R.E., Snyder, S.K., Hendricks, J.C. & Smith, R.W. et al. (1994) A prospective randomized trial comparing open versus laparoscopic appendectomy. *Annals of Surgery*, 219(6), 725-8; discussion 728-31. Available from: <https://doi.org/10.1097/00000658-199406000-00017>.
- Gehring, A., Schneider-Koriath, S., Förster, S. & Ludwig, K. (2014) Akute Appendizitis. *Allgemein- und Viszeralchirurgie up2date*, 8(05), 343–354. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358006>.
- Germer, C.-T. (2019) Appendizitis. *Der Chirurg*, 90(3), 171–172. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-018-0766-3>.
- Giljaca, V., Nadarevic, T., Poropat, G., Nadarevic, V.S. & Stimac, D. (2017) Diagnostic Accuracy of Abdominal Ultrasound for Diagnosis of Acute Appendicitis: Systematic Review and Meta-analysis. *World Journal of Surgery*, 41(3), 693–700. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3792-7>.
- Gorenoi, V., Dintsios, C.-M., Schönermark, M.P. & Hagen, A. (2006) Laparoskopische vs. offene Appendektomie: Systematische Übersicht zur medizinischen Wirksamkeit und gesundheitsökonomische Analyse. *Health Technology Assessment*, (49). Available from: https://portal.dimdi.de/de/hta/hta_berichte/hta148_bericht_de.pdf.

- Gray, H. (1918) *Anatomy of the Human Body*. Edited by Warren H. Lewis, 20th edition. Lea & Febiger.
- Guller, U., Hervey, S., Purves, H., Muhlbaier, L.H., Peterson, E.D. & Eubanks, S. et al. (2004) Laparoscopic versus open appendectomy: outcomes comparison based on a large administrative database. *Annals of Surgery*, 239(1), 43–52. Available from: <https://doi.org/10.1097/01.sla.0000103071.35986.c1>.
- Hanisch, E. (2005) Appendicitis. In: Caspary, W.F., Mössner, J. & Stein, J. (Eds.) *Therapie gastroenterologischer Krankheiten*. Springer-Verlag: Berlin/Heidelberg, pp. 306–310.
- Harrison, S. & Benziger, H. (2012) Diagnostic Challenges in Acute Appendicitis. In: Lander, A. (Ed.) *Appendicitis - A Collection of Essays from Around the World*. InTech.
- Hoffmann, M. & Anthuber, M. (2019) Rationale Diagnostik der akuten Appendicitis. *Der Chirurg*, 90(3), 173–177. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-018-0755-6>.
- Humes, D.J. & Simpson, J. (2012) Clinical Presentation of Acute Appendicitis: Clinical Signs—Laboratory Findings—Clinical Scores, Alvarado Score and Derivate Scores. In: KEYZER, C. & Gevenois, P.A. (Eds.) *Imaging of Acute Appendicitis in Adults and Children*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, pp. 13–21.
- Im, G.Y., Modayil, R.J., Lin, C.T., Geier, S.J., Katz, D.S. & Feuerman, M. et al. (2011) The appendix may protect against *Clostridium difficile* recurrence. *Clinical Gastroenterology and Hepatology : the Official Clinical Practice Journal of the American Gastroenterological Association*, 9(12), 1072–1077. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2011.06.006>.
- Jaschinski, T., Mosch, C., Eikermann, M. & Neugebauer, E.A.M. (2015) Laparoscopic versus open appendectomy in patients with suspected appendicitis: a systematic review of meta-analyses of randomised controlled trials. *BMC Gastroenterology*, 15, 48. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12876-015-0277-3>.
- Jauch, K.-W., Mutschler, W., Hoffmann, J.N. & Kanz, K.-G. (2013) *Chirurgie Basisweiterbildung*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg.
- Javadi, S.M.R., Zarghami, S.Y., Ghaderzadeh, P., Ghorbanpoor, M., Makarchian, H.R. & Derakhshanfar, A. et al. (2017) Comparison of Small Access and Classic McBurney's Incisions for Open Appendectomy: A Randomized Controlled Trial. *Shiraz E-Medical Journal*, 18(10). Available from: <https://doi.org/10.5812/semj.14565>.
- Kabir, S.A., Kabir, S.I., Sun, R., Jafferbhoy, S. & Karim, A. (2017) How to diagnose an acutely inflamed appendix; a systematic review of the latest evidence. *International Journal of Surgery (London, England)*, 40, 155–162. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2017.03.013>.
- Kalan, M., Talbot, D., Cunliffe, W.J. & Rich, A.J. (1994) Evaluation of the modified Alvarado score in the diagnosis of acute appendicitis: a prospective study. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 76(6), 418–419.
- Kasakov, L., Rost, W. & Falck, S. (Eds.) (2018) *Die ersten Eingriffe in der Allgemein- und Viszeralchirurgie*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg.
- Khalil, J., Muqim, R., Rafique, M. & Khan, M. (2011) Laparoscopic versus open appendectomy: a comparison of primary outcome measures. *Saudi Journal of Gastroenterology : Official Journal of the Saudi Gastroenterology Association*, 17(4), 236–240. Available from: <https://doi.org/10.4103/1319-3767.82574>.
- Kim, J.J.Y., Dobson, B.H., L H Ng, C., Da Thong, W., Arthur, T. & Parker, D. (2019) Can normal inflammatory markers rule out acute appendicitis? The reliability of biochemical investigations in diagnosis. *ANZ Journal of Surgery*. Available from: <https://doi.org/10.1111/ans.15559>.

- Kocataş, A., Gönenç, M., Bozkurt, M.A., Karabulut, M., Gemici, E. & Aliş, H. (2013) Comparison of open and laparoscopic appendectomy in uncomplicated appendicitis: a prospective randomized clinical trial. *Ulusal Travma Ve Acil Cerrahi Dergisi = Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery : TJTES*, 19(3), 200–204. Available from: <https://doi.org/10.5505/tjtes.2013.58234>.
- Kooij, I.A., Sahami, S., Meijer, S.L., Buskens, C.J. & Te Velde, A.A. (2016) The immunology of the vermiform appendix: a review of the literature. *Clinical and Experimental Immunology*, 186(1), 1–9. Available from: <https://doi.org/10.1111/cei.12821>.
- Krankenhaus-Report 2015: Schwerpunkt: Strukturwandel / mit Online-Zugang zum Internetportal: www.krankenhaus-report-online.de* (2015). Schattauer: F.K.
- Kumar, S., Jalan, A., Patowary, B.N. & Shrestha, S. (2016) Laparoscopic Appendectomy Versus Open Appendectomy for Acute Appendicitis: A Prospective Comparative Study. *Kathmandu University Medical Journal (KUMJ)*, 14(55), 244–248.
- Larsson, P.G., Henriksson, G., Olsson, M., Boris, J., Ströberg, P. & Tronstad, S.E. et al. (2001) Laparoscopy reduces unnecessary appendectomies and improves diagnosis in fertile women. A randomized study. *Surgical Endoscopy*, 15(2), 200–202. Available from: <https://doi.org/10.1007/s004640000255>.
- Laurin, M., Everett, M.L. & Parker, W. (2011) The cecal appendix: one more immune component with a function disturbed by post-industrial culture. *Anatomical Record (Hoboken, N.J. : 2007)*, 294(4), 567–579. Available from: <https://doi.org/10.1002/ar.21357>.
- Laustsen, J.F., Bjerring, O.S., Johannessen, Ø. & Qvist, N. (2016) Laparoscopic appendectomy during pregnancy is safe for both the mother and the fetus. *Danish Medical Journal*, 63(8).
- Lee, J.H., Park, Y.S. & Choi, J.S. (2010) The epidemiology of appendicitis and appendectomy in South Korea: national registry data. *Journal of Epidemiology*, 20(2), 97–105. Available from: <https://doi.org/10.2188/jea.JE20090011>.
- Lee, S.L. & Ho, H.S. (2006) Acute appendicitis: is there a difference between children and adults? *The American Surgeon*, 72(5), 409–413. Available from: <https://doi.org/10.1177/000313480607200509>.
- Lee, S.L., Walsh, A.J. & Ho, H.S. (2001) Computed tomography and ultrasonography do not improve and may delay the diagnosis and treatment of acute appendicitis. *Archives of Surgery (Chicago, Ill. : 1960)*, 136(5), 556–562. Available from: <https://doi.org/10.1001/archsurg.136.5.556>.
- Li, X. (2010a) Laparoscopic versus conventional appendectomy - a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Gastroenterology*, 10(1), 1–8. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-230X-10-129>.
- Li, X. (2010b) Laparoscopic versus conventional appendectomy - a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Gastroenterology*, 10(1), 1–8. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-230X-10-129>.
- Li, X.-L., Zhang, Q.-M., Zhang, W.-P. & Liu, T.-T. (2018) Mini-Incision Open Appendectomy with Incision Skin Tissue Retractor vs. Laparoscopic Appendectomy: A Retrospective Study of the Management of Child Acute Appendicitis. *Advances in Therapy*, 35(12), 2176–2185. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12325-018-0829-3>.

- Luckmann, R. & Davis, P. (1991) The epidemiology of acute appendicitis in California: racial, gender, and seasonal variation. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 2(5), 323–330. Available from: <https://doi.org/10.1097/00001648-199109000-00003>.
- Maimaiti, A., Aierkin, A., Mahmood, K.M., Apaer, S., Maimaiti, Y. & Yibulayin, X. et al. (2017) Laparoscopic Appendectomy in Pregnancy With Acute Appendicitis: Single Center Experience With World Review. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, 27(6), 460–464. Available from: <https://doi.org/10.1097/SLE.0000000000000478>.
- Malik, A.H., Wani, R.A., Saima, B.D. & Wani, M.Y. (2007) Small lateral access--an alternative approach to appendicitis in paediatric patients: a randomised controlled trial. *International Journal of Surgery (London, England)*, 5(4), 234–238. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2006.07.011>.
- Mason, R.J. (2008) Surgery for appendicitis: is it necessary? *Surgical Infections*, 9(4), 481–488. Available from: <https://doi.org/10.1089/sur.2007.079>.
- Masoomi, H., Mills, S., Dolich, M.O., Ketana, N., Carmichael, J.C. & Nguyen, N.T. et al. (2012) Does laparoscopic appendectomy impart an advantage over open appendectomy in elderly patients? *World Journal of Surgery*, 36(7), 1534–1539. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00268-012-1545-9>.
- McBurney, C. (1894) IV. The Incision Made in the Abdominal Wall in Cases of Appendicitis, with a Description of a New Method of Operating. *Annals of Surgery*, 20(1), 38–43. Available from: <https://doi.org/10.1097/00000658-189407000-00004>.
- McGory, M.L., Zingmond, D.S., Tillou, A., Hiatt, J.R., Ko, C.Y. & Cryer, H.M. (2007) Negative appendectomy in pregnant women is associated with a substantial risk of fetal loss. *Journal of the American College of Surgeons*, 205(4), 534–540. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2007.05.025>.
- Mohammadi, S., Hedjazi, A., Sajjadian, M., Rahmani, M., Mohammadi, M. & Moghadam, M.D. (2017) Morphological variations of the vermiform appendix in Iranian cadavers: a study from developing countries. *Folia Morphologica*. Available from: <https://doi.org/10.5603/FM.a2017.0032>.
- Noudeh, Y.J., Sadigh, N. & Ahmadnia, A.Y. (2007) Epidemiologic features, seasonal variations and false positive rate of acute appendicitis in Shahr-e-Rey, Tehran. *International Journal of Surgery (London, England)*, 5(2), 95–98. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2006.03.009>.
- Ohle, R. (2011) The Alvarado score for predicting acute appendicitis: a systematic review. *BMC Medicine*, 9(1), 1–13. Available from: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-9-139>.
- Ohmann, C., Franke, C., Kraemer, M. & Yang, Q. (2002) Neues zur Epidemiologie der akuten Appendizitis. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*, 73(8), 769–776. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-002-0512-7>.
- Old, J.L., Dusing, R.W., Yap, W. & Dirks, J. (2005) Imaging for suspected appendicitis. *American Family Physician*, 71(1), 71–78.
- Omari, A.H. (2014) Acute appendicitis in the elderly: risk factors for perforation. *World Journal of Emergency Surgery*, 9(1), 1–6. Available from: <https://doi.org/10.1186/1749-7922-9-6>.
- Owen, T.D., Williams, H., Stiff, G., Jenkinson, L.R. & Rees, B.I. (1992) Evaluation of the Alvarado score in acute appendicitis. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 85(2), 87–88.
- Özsan, İ., Karabuğa, T., Yoldaş, Ö., Alpdoğan, Ö. & Aydın, Ü. (2014) Laparoscopic Appendectomy versus Mini-Incision Appendectomy in Patients with Lower Body Mass

- Index and Noncomplicated Appendicitis. *Gastroenterology Research and Practice*, 2014, 138648. Available from: <https://doi.org/10.1155/2014/138648>.
- Peiper, C. (2006) Appendizitis. In: Schumpelick, V., Siewert, J.R. & Rothmund, M. (Eds.) *Praxis der Viszeralchirurgie*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 487–495.
- Pereira, B., Mendes, C.A., Ruano, R.M., Neves, I., Curado, R.L. & Oliveira, R. de et al. (2019) Acute appendicitis may no longer be a predominant disease of the young population. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, 51(4), 283–288. Available from: <https://doi.org/10.5114/ait.2019.87332>.
- Pieper, R., Kager, L. & Tidefeldt, U. (1982) Obstruction of appendix vermiformis causing acute appendicitis. An experimental study in the rabbit. *Acta Chirurgica Scandinavica*, 148(1), 63–72.
- Pirro, N. & Berdah, S.V. (2006) Appendicitis: coelioscopie ou non? *Journal de chirurgie*, 143(3), 155–159. Available from: [https://doi.org/10.1016/s0021-7697\(06\)73643-2](https://doi.org/10.1016/s0021-7697(06)73643-2).
- Reissfelder, C., Mc Cafferty, B. & Frankenberg, M. von (2009) Offene Appendektomie. Wann wird sie noch gebraucht? *Der Chirurg*, 80(7), 602–607. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-009-1683-2>.
- Rolle, U. & Maneck, M. (2016) Versorgungstrends, regionale Variation und Qualität der Versorgung bei Appendektomien, Stuttgart, pp. 217–230, Januar 2016.
- Rost, W. & Maas, S. (2018) Konventionelle Appendektomie. In: Kasakov, L., Rost, W. & Falck, S. (Eds.) *Die ersten Eingriffe in der Allgemein- und Viszeralchirurgie*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, pp. 87–98.
- Sahm, M., Koch, A., Schmidt, U., Wolff, S., Pross, M. & Gastinger, I. et al. (2013) Akute Appendizitis - Klinische Versorgungsforschung zur aktuellen chirurgischen Therapie. *Zentralblatt für Chirurgie*, 138(3), 270–277. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0031-1283947>.
- Sauerland, S., Jaschinski, T. & Neugebauer, E. am (2010) Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (10), CD001546. Available from: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001546.pub3>.
- Sauvain, M.-O., Tschirky, S., Patak, M.A., Clavien, P.-A., Hahnloser, D. & Muller, M.K. (2016) Acute appendicitis in overweight patients: the role of preoperative imaging. *Patient Safety in Surgery*, 10, 13. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13037-016-0102-0>.
- Schimpl, G. (2010) Appendizitis. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 158(5), 493–501. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00112-010-2167-7>.
- Schrempf, M. & Anthuber, M. (2018) Metaanalyse zur verzögerten Appendektomie bei unkomplizierter Appendizitis. *Der Chirurg*, 89(10), 829. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-018-0699-x>.
- Segev, L., Keidar, A., Schrier, I., Rayman, S., Wasserberg, N. & Sadot, E. (2015) Acute appendicitis in the elderly in the twenty-first century. *Journal of Gastrointestinal Surgery : Official Journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*, 19(4), 730–735. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11605-014-2716-9>.
- Semm, K. (1983) Endoscopic appendectomy. *Endoscopy*, 15(2), 59–64. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021466>.
- Snyder, M.J. (2018) Acute appendicitis: efficient diagnosis and management. *American family physician*, (98(1)).
- Sousa-Rodrigues, C.F. de, Da Rocha, A.C., Rodrigues, A.K.B., Barbosa, F.T., Da Ramos, F.W.S. & Valões, S.H.C. (2014) Correlation between the Alvarado Scale and the macroscopic aspect of the appendix in patients with appendicitis. *Revista Do Colegio*

- Brasileiro De Cirurgioes*, 41(5), 336–339. Available from: <https://doi.org/10.1590/0100-69912014005007>.
- Stelzner, F. & Lierse, W. (1972) Über die Ursache der Appendicitis. *Langenbecks Archiv für Chirurgie*, 330(3), 273–284. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF01261705>.
- Sülberg, D., Chromik, A., Kersting, S., Meurer, K., Tannapfel, A. & Uhl, W. et al. (2009) Altersappendizitis: CRP-Wert als Entscheidungshilfe für eine diagnostische Laparoskopie. *Der Chirurg*, 80(7), 608–614. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-009-1754-4>.
- Sulu, B., Günerhan, Y., Palanci, Y., İşler, B. & Çağlayan, K. (2010) Epidemiological and demographic features of appendicitis and influences of several environmental factors. *Ulusal Travma Ve Acil Cerrahi Dergisi = Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery : TJTES*, 16(1), 38–42.
- Switzer, N.J., Gill, R.S. & Karmali, S. (2012) The evolution of the appendectomy: from open to laparoscopic to single incision. *Scientifica*, 2012, 895469. Available from: <https://doi.org/10.6064/2012/895469>.
- Téoule, P., Laffolie, J. de, Rolle, U. & Reissfelder, C. (2020) Acute Appendicitis in Childhood and Adulthood. *Deutsches Arzteblatt International*, 117(45), 764–774. Available from: <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0764>.
- Terasawa, T., Blackmore, C.C., Bent, S. & Kohlwes, R.J. (2004) Systematic review: computed tomography and ultrasonography to detect acute appendicitis in adults and adolescents. *Annals of Internal Medicine*, 141(7), 537–546. Available from: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-141-7-200410050-00011>.
- Tzovaras, G., Baloyiannis, I., Kouritas, V., Symeonidis, D., Spyridakis, M. & Poultsidi, A. et al. (2010) Laparoscopic versus open appendectomy in men: a prospective randomized trial. *Surgical Endoscopy*, 24(12), 2987–2992. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1160-5>.
- van Randen, A., Bipat, S., Zwinderman, A.H., Ubbink, D.T., Stoker, J. & Boermeester, M.A. (2008) Acute appendicitis: meta-analysis of diagnostic performance of CT and graded compression US related to prevalence of disease. *Radiology*, 249(1), 97–106. Available from: <https://doi.org/10.1148/radiol.2483071652>.
- Walsh, C.A., Tang, T. & Walsh, S.R. (2008) Laparoscopic versus open appendectomy in pregnancy: a systematic review. *International Journal of Surgery (London, England)*, 6(4), 339–344. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2008.01.006>.
- Wei, B., Qi, C.-L., Chen, T.-F., Zheng, Z.-H., Huang, J.-L. & Hu, B.-G. et al. (2011) Laparoscopic versus open appendectomy for acute appendicitis: a metaanalysis. *Surgical Endoscopy*, 25(4), 1199–1208. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00464-010-1344-z>.
- Woodham, B.L., Cox, M.R. & Eslick, G.D. (2012) Evidence to support the use of laparoscopic over open appendectomy for obese individuals: a meta-analysis. *Surgical Endoscopy*, 26(9), 2566–2570. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00464-012-2233-4>.
- Yılmaz, E.M., Kapçı, M., Çelik, S., Manoğlu, B., Avcil, M. & Karacan, E. (2017) Should Alvarado and Ohmann scores be real indicators for diagnosis of appendicitis and severity of inflammation? *Ulusal Travma Ve Acil Cerrahi Dergisi = Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery : TJTES*, 23(1), 29–33. Available from: <https://doi.org/10.5505/tjtes.2016.89894>.

- Zachariou, Z. (2019) Appendizitis bei Kindern und Jugendlichen. In: Schweinitz, D. von & Ure, B. (Eds.) *Kinderchirurgie*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, pp. 533–544.
- Zielke, A. (2002) Appendizitis. Moderne Diagnostik. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*, 73(8), 782–790. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00104-002-0501-x>.

6 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen, die mich bei der Anfertigung dieser Doktorarbeit unterstützt haben, meinen großen Dank aussprechen.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. med. Georg Flügen, für seine hervorragende Betreuung und die freundliche Zusammenarbeit. Bedanken möchte ich mich selbstverständlich auch bei Herrn Professor Dr. med. Christoph Roderburg, der sich dazu bereit erklärt hat die Co-Betreuung dieser Doktorarbeit zu übernehmen.

Ein ganz besonderer Dank geht an Dr. med. Fabian Klingler, der mich auf diesem langen Weg begleitet hat. Danke für die Geduld, die enorme Unterstützung und die stetige Verfügbarkeit.

Außerdem möchte ich mich herzlich bei Dr. med. Stephen Fung bedanken, der die Idee hinter diesem Projekt hatte und mich als Doktorandin für dieses Forschungsthema ausgewählt hat.

Für die Durchsicht der Doktorarbeit, die Ermutigung und die wertvollen Anregungen möchte ich meinen Kommilitonen Jasmin, Meryem und Christian danken.

Nicht zuletzt möchte ich mich von ganzem Herzen bei meinen Eltern und Niklas für die liebevolle Unterstützung durch alle Phasen des Studiums und dieser Arbeit bedanken.