

Aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie der
Universitätsmedizin der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

**Untersuchung klinischer Zeichen, laborchemischer Werte und Scores zur
präoperativen Differenzierung zwischen einer unkomplizierten und einer
komplizierten Appendizitis**

Ergebnisse einer deutschen multizentrischen Studie

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Sarah Holzhauer
aus Bad Kreuznach

Mainz, 2026

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

1. Gutachter: PD Dr. med. A. Willms
2. Gutachter: Prof. Dr. med. T. Huber
Tag der Promotion: 12. Februar 2026

Nachnutzungslizenz*: Urheberrecht

* Die Angabe über die Nachnutzungslizenz ist ausschließlich in der elektronischen Version anzugeben. In der Druckversion muss die Angabe vollständig entfallen (einschließlich der Überschrift „Nachnutzungslizenz“)

Widmung: Diese Arbeit widme ich meiner gesamten Familie, insbesondere meinen Eltern und meinem Freund, die mich stets mit ihrer bedingungslosen Liebe und ihrem Glauben an mich unterstützt haben.

Gender-Disclaimer:

Die verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich gleichermaßen auf weibliche, männliche und diverse Personen. Auf eine Doppelnennung und gegenderte Bezeichnungen wird zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet.

1	EINLEITUNG	8
1.1	Ziele der Dissertation	10
2	LITERATURDISKUSSION	11
2.1	Anatomie der Appendix vermiformis	11
2.2	Ätiologie und Pathogenese der Appendizitis	12
2.3	Epidemiologie der Appendizitis und Appendektomie	12
2.4	Differenzierung der Appendizitis-Formen	13
2.5	Histologische Stadien der Appendizitis	14
2.5.1	Primäraffekt/katarralische Appendizitis	15
2.5.2	Phlegmonöse Appendizitis	16
2.5.3	Ulzerophlegmonöse Appendizitis	16
2.5.4	Abszedierende Appendizitis	16
2.5.5	Gangränöse & perforierte Appendizitis	17
2.6	Chronisch rezidivierende Appendizitis	17
2.7	Diagnostik	19
2.7.1	Anamnese	19
2.7.2	Laborchemie	20
2.7.2.1	Leukozyten	20
2.7.2.2	C-Reaktive Protein (CRP)	21
2.7.2.3	Procalcitonin	21
2.7.2.4	Urinanalyse und Schwangerschaftstest	21
2.7.3	Bildgebende Verfahren	21
2.7.3.1	Sonografie	22
2.7.3.2	Computertomografie	23
2.7.3.3	Magnetresonanztomografie (MRT)	23
2.7.4	Appendizitis Scores	23
2.8	Differentialdiagnosen	25
2.9	Therapie der akuten Appendizitis	25
2.9.1	Operative Therapie	25
2.9.1.1	Laparoskopischer vs. offener Zugang	25
2.9.1.2	Zeitpunkt der operativen Therapie	26
2.9.1.3	Explorative Laparoskopie zur Behandlung einer akuten Appendizitis	27
2.9.2	Nicht-operative Therapie der akuten Appendizitis	27
2.9.3	Antibiotikatherapie	27
2.9.4	Risikogruppen bei der Therapie einer akuten Appendizitis	27
3	MATERIAL UND METHODEN	29
3.1	Zeitraum	29
3.2	Einschlusskriterien	29
3.3	Ausschlusskriterien	30

3.4	Datenerhebung	30
3.5	Gruppierung der Appendix Pathologien	31
3.5.1	Negativ-Appendektomie	31
3.5.2	Unkomplizierte Appendizitis	32
3.5.3	Komplizierte Appendizitis	32
3.6	Charlson- Komorbiditätsindex (CCI)	32
3.7	American Society of Anesthesiologists-Klassifikation (ASA-Score)	33
3.8	Statistische Analyse	33
3.9	Ethikvotum	34
4	ERGEBNISSE	35
4.1	Einteilung der operierten Fälle	35
4.2	Erfassungszeitraum und Verteilung der Fälle	35
4.3	Geschlechterverteilung	35
4.4	Altersverteilung	36
4.5	Komorbiditäten	37
4.5.1	Übergewicht BMI	37
4.5.2	Charlson Comorbidity Index	37
4.6	Symptombdauer bis zur ersten ärztlichen Vorstellung	37
4.7	Zeit zur Indikationsstellung bis zur operativen Versorgung	38
4.8	Unterformen der komplizierten Appendizitis	38
4.8.1	Peritonitis	38
4.8.2	Abszess	38
4.8.3	Perforation	38
4.9	ASA-Score	38
4.10	Klinische Zeichen	39
4.10.1	Blumberg-Zeichen	39
4.10.2	Lanz-Punkt	39
4.10.3	McBurney Punkt	39
4.11	Scoring Systeme	40
4.11.1	Modified Alvarado Score (MAS)	40
4.12	Laborchemie	40
4.12.1	Leukozyten	40
4.12.2	Procalcitonin	41
4.12.3	C-reaktives Protein	42
4.13	Multiple logistische Regression	43
5	DISKUSSION	44

5.1	Epidemiologie und COVID-19	44
5.2	Geschlecht und Alter	44
5.3	Komorbidität und Adipositas	45
5.4	Klinische Zeichen	45
5.5	Modifizierter Alvarado-Score	46
5.6	Laborparameter	47
5.7	Multivariate Analyse & Zukunftsperspektiven	47
5.8	Limitationen	48
5.9	Fazit & Ausblick	49
6	ZUSAMMENFASSUNG	49
6.1	Deutsch	49
6.1.1	Einleitung	49
6.1.2	Methoden	49
6.1.3	Ergebnisse	50
6.1.4	Schlussfolgerung	50
6.2	English	50
6.2.1	Introduction	50
6.2.2	Methods	51
6.2.3	Results	51
6.2.4	Conclusion	51
7	ANHANG	51
7.1	Tabellen & Abbildungen	52
7.2	Literaturverzeichnis	59
7.3	Danksagung	69
7.4	Ehrenwörtliche Erklärung	70
7.5	Lebenslauf	71

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
<	kleiner als
<=	kleiner gleich
=	gleich
>	größer als
>=	größer gleich
°C	Grad Celsius
±	Plusminus
a.e.	am ehesten
akA	akute komplizierte Appendizitis
ALT	Alanin-Aminotransferase
ALP	Alkalische Phosphatase
App.	Appendizitis
ASA	American Society of Anesthesiologists
AST	Aspartat-Aminotransferase
AUC	Area Under the Curve
auA	akute unkomplizierte Appendizitis
BMI	Body Mass Index: Gewicht (kg)/Größe (m ²)
Bili	Bilirubin
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
c.a.	circa (lat. etwa)
CAMIN	Chirurgische Arbeitsgemeinschaft Militär- und Notfallchirurgie
CAMIN2	Version 2 der CAMIN-Datenbank
CI	Confidence Interval (Konfidenzintervall)
COPD	chronic obstructive pulmonary disease (chronisch obstruktive Lungenerkrankung)
Covid-19	Coronavirus-Krankheit-2019
C19RG	Covid-19-Risikogruppe
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
d	Tag(e)
DGAV	Deutsche Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie
EAES	European Association of Endoscopic Surgery
ECMO	extrakorporale Membran-Oxygenierung
E.coli	Escherichia coli
et al.	et alii (lat. und andere)
etc.	et cetera (lat. und so weiter)
FFP	filtering face piece (Filtermaske)
GdÄ	Gruppe der Älteren
ggf.	gegebenenfalls
GGT	Gamma-Glutamyltransferase
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
h	Stunde(n)
Hb	Hämoglobin
ICD-10-GM	International Classification of Diseases – German Modification
i.d.R.	in der Regel
i.S.	im Sinne
i.v.	intravenös

IKR	Interquartilsrange
kg	Kilogramm
l	Liter
LAE	Laparoskopische Appendektomie
LOS	Length of stay (Länge des Aufenthaltes)
M	männlich
MAS	Modified Alvarado Score
mg	Milligramm
MPI	Mannheimer Peritonitis Index
MRT	Magnetresonanztomographie
NAS	Numerische Analogskala
nl	Nanoliter
Nr.	Nummer
o.g.	oben genannt
OP	Operation
OPS	Operations- und Prozedurenschlüssel
OR	Odds Ratio
p	Signifikanzniveau ($p < 0,05$)
PCR	polymerase chain reaction (Polymerase-Kettenreaktion)
PCT	Procalcitonin
RCT	randomized controlled trial (randomisierte kontrollierte Studie)
RFI	rechte Fossa iliaca
ROC	Receiver Operating Characteristic
s.o.	siehe oben
SD	Standardabweichung
SOP	Standard Operating Procedure
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Std.	Stunde
Tab.	Tabelle
TIA	Transitorische ischämische Attacke
TTE	Transthorakale Echokardiographie
u.a.	unter anderem
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
V.a.	Verdacht auf
vs.	versus
w	weiblich
WBC	White Blood Cell Count (weiße Blutkörperchen)
WHO	World Health Organization
WSES	World Society of Emergency Surgery

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Position der Appendix (24).....	11
Abbildung 2: Appendektomien unterteilt in akut unkomplizierte und akut komplizierte Appendizitis (40).	13
Abbildung 3: Stadien der Appendizitis.....	15
Abbildung 4: Primäraffekt der Appendizitis (48).	15
Abbildung 5: Phlegmonöse Appendizitis (48).	16
Abbildung 6: Ulceorphlegmonöse Appendizitis (49).	16
Abbildung 7: Abszedierende Appendizitis (49).	17
Abbildung 8: Gangränöse Appendizitis (49).....	17
Abbildung 9: Verschiedene Anzeichen der Appendizitis (33).	20
Abbildung 10: Die wichtigsten Druckpunkte und Manöver (58).....	20
Abbildung 11: Sonographische Bilder von Patienten mit akuter Appendizitis (58).	22
Abbildung 12: Laparoskopische Appendektomie (58).	26

Boxplotverzeichnis

Boxplot 1: Alter der Patienten nach Art der Appendizitis.	37
Boxplot 2 Anzahl der Stunden mit Schmerzen.	54

Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Verteilung der Appendizitis-Diagnosen nach Geschlecht mit absoluten Fallzahlen, relativen Häufigkeiten und Signifikanzangaben.....	36
Diagramm 2: Vergleich der Positivität von Blumberg-, Lanz- und McBurney-Zeichen nach Schweregrad der Appendizitis.....	39
Diagramm 3: ROC-Kurve des Modified Alvarado Scores zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,671).	40
Diagramm 4 ROC-Kurve der Leukozytenwerte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,657).	41
Diagramm 5 ROC-Kurve der Procalcitoninwerte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,744).	42
Diagramm 6 ROC-Kurve der CRP-Werte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,682).	43
Diagramm 7: Verteilung der Fälle auf Jahre nach Schweregrad der Appendizitis (absolute Häufigkeit, relative Häufigkeit von komplizierten Fällen).....	53
Diagramm 8: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) zwischen unkomplizierter (grün) und komplizierter (rot) Appendizitis über die ASA-Klassen 1–4.....	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung akut unkomplizierte vs. komplizierte Appendizitis (1).....	14
Tabelle 2: Alvarado Score modifiziert nach Kalan (84,85).	24
Tabelle 3: Überblick über etablierte Scoring-Systeme zur Appendizitisdiagnostik und ihre diagnostische Aussagekraft.	25
Tabelle 4: Erhobene Variablen und Definition.....	31
Tabelle 5: Verteilung der Punkte des CCI.	33
Tabelle 6: Charlson Comorbidity Index.	33
Tabelle 7: ASA-Klassifikation.	33
Tabelle 8: Art der Kliniken aufgeteilt auf Schweregrad der Appendizitiden(abs.&rel. Häufigkeiten).	52
Tabelle 9: Schweregrad der Appendizitiden aufgeteilt auf 2019 und 2020(abs.&rel. Häufigkeiten, p = 0,012).	52
Tabelle 10: 2019 und 2020 aufgeteilt auf Geschlecht(abs.&rel. Häufigkeiten, p = 0,184).	53
Tabelle 11: Verteilung der Kliniktypen nach Jahr(abs.&rel. Häufigkeiten, p = 0,517).	53
Tabelle 12: Verteilung von Adipositas nach Schweregrad der Appendizitis(abs.&rel.Häufigkeit, p = 0,028).	53
Tabelle 13: CCI bei akut unkomplizierter Appendizitis vs akut komplizierter Appendizitis(abs.&rel.Häufigkeit, U = 305 039,5; Z = -5,526; p < 0,001).	54
Tabelle 14 Symptombdauer Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus von allen Diagnosegruppen... 54	54

Tabelle 15: Symptombdauer bis zur Erstvorstellung (<24h, ≥ 24h) & (<48h, ≥ 48h)(abs.&rel. Häufigkeiten).....	55
Tabelle 16: OP-Zeitpunkt – Intervall- versus direkte Operation nach Diagnosegruppe (abs.&rel.Häufigkeit).....	55
Tabelle 17: VAS Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus von allen Diagnosegruppen.....	55
Tabelle 18: Verteilung der VAS-Werte nach Diagnosegruppe(abs.&rel.Häufigkeit).....	55
Tabelle 19: Komplizierte Appendizitis aufgeteilt nach Peritonitis, Abszess, Perforation (abs.&rel. Häufigkeit).....	55
Tabelle 20: Peritonitis vs. Perforation bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 2,76 (2,11–3,62), p < 0,001).....	56
Tabelle 21: Abszess vs. Peritonitis bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 1,09 (0,80–1,49), p = 0,585).....	56
Tabelle 22: Abszess vs. Perforation bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 4,53 (3,32–6,18), p < 0,001).....	56
Tabelle 23: ASA bei neg. Appendektomien, unkompl. und kompl. Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), Median(IQR), Mittelwerte(STD), Modus.....	56
Tabelle 24: Blumberg Zeichen bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.....	57
Tabelle 25: Lanz Punkt bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.....	57
Tabelle 26: McBurney Punkt bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.....	57
Tabelle 27: mod. Alvarado Score bei unkomplizierter und komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit).....	57
Tabelle 28: mod. Alvarado Score Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus.....	57
Tabelle 29 Anzahl Procalcitonin bei unkompl. vs kompl. Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit).....	58
Tabelle 30: multiple log. Regressionstabelle von verschiedenen Variabe.....	58

1 Einleitung

Im Jahr 1824 hat der französische Arzt Louyeur-Villermay die Entzündung der Appendix vermiformis, auch Appendizitis genannt, als Ursache für den im Jahr 100 n. Chr. von dem Ägypter Aretäus beschriebenen Abszess im rechten Unterbauch gefunden (1). Die Appendix vermiformis ist der Wurmfortsatz des Blinddarms, der wiederum Teil des Dickdarms ist. Physiologisch betrachtet stellt die Appendix vermiformis ein Reservoir für die intestinale Mikrobengemeinschaft (Mikrobiota) dar (2,3).

Die Appendizitis ist eine der wichtigsten Differentialdiagnosen des akuten Abdomens. Sie wird definiert als hochakute, sofort der chirurgischen Therapie bedürftigen Erkrankung des Bauchraumes (5). Es ist eine klinische Diagnose, die keine Bildgebung erfordert. Die chirurgische Entfernung des Organs bei Entzündung wird Appendektomie genannt. Mit knapp 97.916 Eingriffen im Jahr 2021 zählt die Appendektomie zu den häufigsten Operationen in Deutschland (6). Obwohl die Fallzahlen um ca. 6,4 % zurückgingen, bleibt sie weltweit die häufigste viszeralchirurgische Notfalloperation (9,10,11,12).

Die Lehrmeinung, dass die Appendizitis obligat und unverzüglich unter sechs Stunden operiert werden muss, besteht seit über 100 Jahren. Die erste Appendektomie wurde 1735 durch Claudius Amyand im Sankt Georg Hospital in England durchgeführt (11) und 1886 etablierte sich eine weitreichende Akzeptanz für die Notwendigkeit einer Operation bei einer Appendizitis (12). 1894 beschrieb McBurney im Wechselschnitt die offene Appendektomie und 1983 wurde durch den Professor für Gynäkologie Kurt Semm die erste laparoskopische Appendektomie in Kiel durchgeführt (13–15). Die Appendektomie ist ein Eingriff mit sehr geringem Operationsrisiko (8,16). Gemäß der European Association of Endoscopic Surgery (EAES) werden zwei Subgruppen der Appendizitis unterschieden, die unkomplizierte und die komplizierte Form (17). Die Einteilung erfolgt dabei unter Berücksichtigung der Befunde, die anhand histologischer Untersuchungen intra- oder postoperativ gestellt werden (18,19). Die genaue Definition und die Merkmale einer komplizierten sowie einer unkomplizierten Appendizitis werden später in einem eigenen Kapitel näher thematisiert. Die Differenzierung und Ermittlung der genauen Form der Appendizitis bereits bei Erstdiagnose ist notwendig, um die für den Patienten bestmögliche

Behandlungsmethode zu identifizieren (1). Denn durch konservative Therapieregime, vor allem bei unkomplizierten Appendizitiden, gerät das Dogma der operativen Therapie als einzige Therapieoption ins Wanken. Dies wirft auch ein neues Licht auf den Zeitpunkt der Intervention.

Da die aktuelle Datenlage jedoch kein etabliertes Verfahren zur Abgrenzung vorschlägt, die eine sichere prätherapeutische Klassifizierung der akuten Appendizitis erlaubt (1), soll diese Arbeit die präoperative Diagnostik untersuchen. Gerade weil diagnostische Fehlentscheidungen entweder zu verzögerter Therapie oder zu vermeidbaren Operationen führen, ist eine schnelle und zutreffende Diagnose im Bemühen um eine minimale Morbidität notwendig (20).

Die laborchemischen Werte der Patienten, deren klinische Zeichen sowie die Zuteilung in verschiedene Scores werden rückblickend ausgewertet.

1.1 Ziele der Dissertation

Die akute Appendizitis kann präoperativ nicht in unkompliziert oder kompliziert unterschieden werden (1). Ziel dieser Untersuchung ist es, klinische Zeichen, laborchemische Parameter und Scores bei Patienten mit unkomplizierter und komplizierter Appendizitis zu vergleichen. Untersucht werden soll, ob Unterschiede in diesen Variablen Rückschlüsse auf den Schweregrad der Erkrankung und somit eine präoperative Differenzierung ermöglichen.

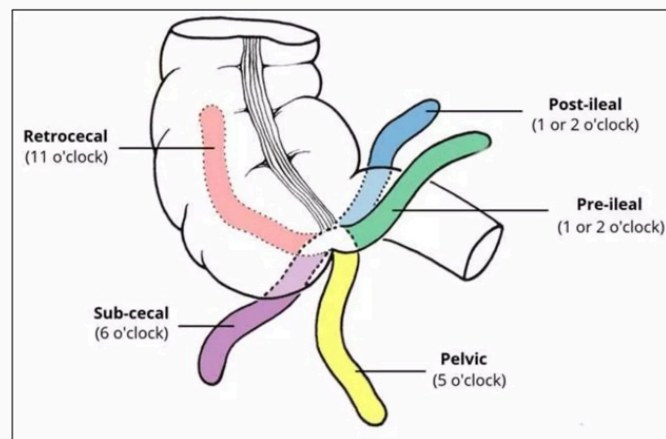
Vier Hypothesen bilden die Grundlage für die Analyse der retrospektiven Studie.

1. Die laborchemischen Werte lassen auf den Schweregrad der akuten Appendizitis schließen.
2. Die klinischen Zeichen sind bei den Patienten mit akut komplizierter Appendizitis im Vergleich zu denen mit akut unkomplizierter Appendizitis deutlich häufiger.
3. Die Zahl der Scoring Systeme ist niedriger bei akut unkomplizierten Appendizitiden.
4. Die Zusammenschau der laborchemischen Werte, der klinischen Zeichen und der Zahl der Scoring Systeme lässt eine Zuteilung in akut unkomplizierte versus komplizierte Appendizitis zu.

2 Literaturdiskussion

2.1 Anatomie der Appendix vermiformis

Die Appendix ist eine blind endende Aussackung des Colon ascendens. Sie befindet sich meist intraperitoneal im rechten Unterbauch und liegt retrocoecal (21), selten liegt sie parakolisch, medial, oder im rechten Oberbauch wie etwa bei Coecumhochstand (21, Abbildung 1). Genauer betrachtet, befindet sich dieses Anhängsel des Coecums in der Fossa iliaca (22) und erreicht eine Länge zwischen zwei und zwanzig Zentimetern (23). Die Appendix wird von der Arteria appendicularis versorgt, die auf Höhe der Ileocoecalklappe aus der Arteria ileocolica entspringt. Die neuronale Versorgung der Appendix durch den Sympathikus und Parasympathikus erfolgt über den Plexus mesentericus superior.



Retrocecal position: 25 – 65% of patients

Abbildung 1: Position der Appendix (24).

Meist enthält sie Anteile von Essensresten, abgestorbenem Epithel und Immunzellen (25). Physiologisch ist die Appendix Teil des Immunsystems (26). Die Mukosa und die Submukosa entsprechen im Gegensatz zum Verlauf der Muskularis in ihrem anatomischen Aufbau größtenteils dem Colon. Die Längsmuskulatur ist nicht in Taenien gegliedert, sondern verläuft als geschlossener Mantel (27). Daher kann man sich beim Auffinden der Appendix an der Taenia libera orientieren und diese Richtung rechten Unterbauch verfolgen.

2.2 Ätiologie und Pathogenese der Appendizitis

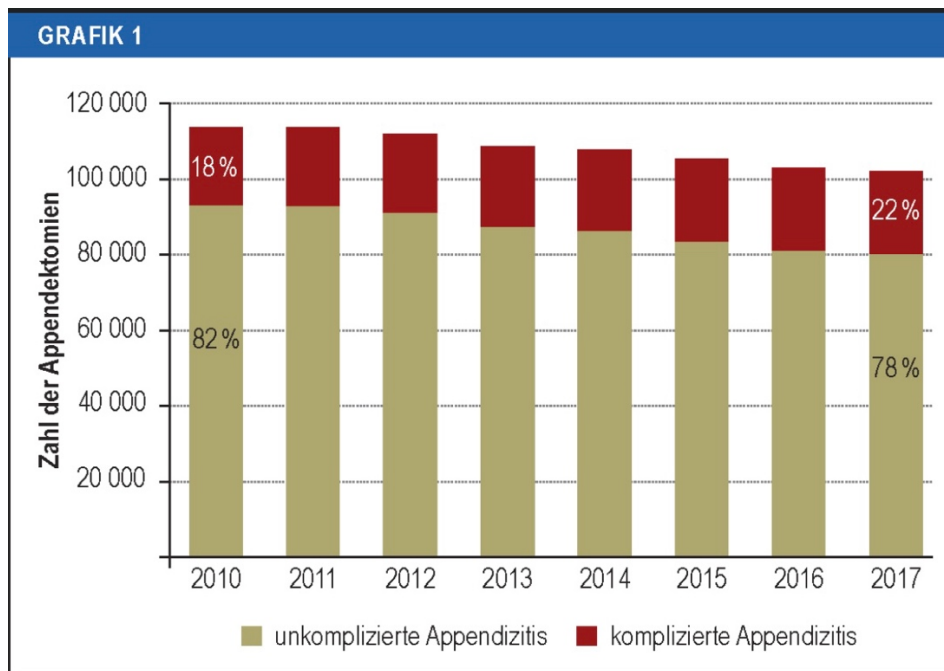
Die Pathophysiologie ist noch nicht eindeutig geklärt. Eine der häufigsten Ursachen ist eine Obstruktion des Appendixlumens (29). Bei unkomplizierten Appendizitiden waren in 40%, bei gangränösen in 60% und bei perforierten in 90% Faecolithen ursächlich für die Entwicklung der Appendizitis (31). Prädisposition, wie eine positive Familienanamnese, resultiert in einem bis zu dreifach erhöhten Appendizitisrisiko, wobei der Anteil genetischer Faktoren am Gesamtrisiko auf bis zu 30% geschätzt wird (32). Infektiöse Ursachen, meist gramnegative Darmbakterien und Anaerobier (*Bacteroides* bzw. *Escherichia coli* und Streptokokken) (7) sowie seltener Epstein-Barr-Viren, Masern-Viren oder Cytomegalie-Viren (33), auch Parasiten, Pilze und Würmer, können eine Appendizitis hervorrufen. Manche Studien gehen von immunologischen Ursachen aus (34). Es wird postuliert, dass die phlegmonöse vornehmlich durch Typ2-T-Helferzellen vermittelt wird, während die gangränöse Appendizitis durch Th1 und Th17 Zellen hervorgerufen wird (35). Darüber hinaus wurden Veränderungen in der Mikrobiota-Zusammensetzung sowie in der Art und Stärke der Immunantwort bei perforierten und nicht perforierten Appendizitiden berichtet (1). Weiterhin bleibt die Ursachen für saisonale, geografische sowie ethnische Häufigkeitsunterschiede unklar (36).

2.3 Epidemiologie der Appendizitis und Appendektomie

Die Inzidenz der Appendizitis liegt in Deutschland mit 151/100.000 Einwohner pro Jahr höher als der internationale Durchschnitt von 100/100.000 (37). Die Wahrscheinlichkeit ist für Männer höher als für Frauen (8,6% vs. 6,7%) (38). In internationalen Studien zeigten sich ähnliche Ergebnisse bezüglich der männlichen Dominanz des Erkrankungsrisikos (22). Dennoch wird bei Frauen häufiger eine Appendektomie durchgeführt. Dies kann durch gynäkologische Krankheitsbilder, die eine Appendizitis vortäuschen, erklärt werden (39). Über die Geschlechter hinweg liegt das Lebenszeitrisiko bei circa 7-9% (7,40). Dabei werden bei Mädchen im Alter von 13-17 Jahren im Vergleich zu den übrigen Altersgruppen am häufigsten Appendektomien durchgeführt (41). Dies bestätigt die internationale Literatur, der zufolge der Altersgipfel im Adoleszenzalter (Männer: 10-14 Jahre, Frauen: 15-19 Jahre) liegt (1).

Die Gesamtzahl der Appendektomien sank im Zeitraum von 2010 bis 2017 in Deutschland, wobei der Anteil der komplizierten Appendizitiden stetig ansteigt (siehe Abbildung 8) (40).

Die laparoskopische Appendektomie ist in Deutschland der neue Goldstandard (42). Da die Datenlage bei Kindern jedoch keine eindeutigen Vorteile des laparoskopischen Verfahrens aufweist, werden bei den jungen Patienten ca. 25% der Appendektomien mittels offen chirurgischem Verfahren operiert (8). Die Appendektomie bleibt aktuell noch unbestritten die effektivste und empfohlene Therapie der Wahl in allen Altersgruppen (1,17).



Appendektomien im Zeitraum 2010–2017

Die Gesamtzahl der Appendektomien ist um 9,8% von 113 614 Fällen im Jahr 2010 auf 102 464 Fälle im Jahr 2017 gesunken. Der Anteil der Operationen bei komplizierter Appendizitis stieg auf 22 %, während der Anteil bei unkomplizierter Appendizitis auf 78 % sank.

Abbildung 2: Appendektomien unterteilt in akut unkomplizierte und akut komplizierte Appendizitis (40).

2.4 Differenzierung der Appendizitis-Formen

Die Appendizitis wird wie bereits erwähnt in die beiden Formen unkompliziert und kompliziert unterteilt, gemäß den Empfehlungen der Leitlinie 12/2021 (Tabelle 1) (1). Eine akut unkomplizierte Appendizitis liegt bei ca. 80% aller an Appendizitis erkrankten Patienten vor (43).

	Unkompliziert	Kompliziert
Inflammation	+	+
Gangrän	-	+
Phlegmone	-	+
Abszeß	-	+
Flüssigkeit	-	+
Perforation	-	+

Tabelle 1: Einteilung akut unkomplizierte vs. komplizierte Appendizitis (1)

Die aktuelle Leitlinie bezieht sich auch auf die Klassifikation der European Association of Endoscopic Surgery (EAES) seit deren Konsensus Konferenz im Jahre 2015.

Uneinigheiten herrschen bei der Einteilung der komplizierten Appendizitis, denn manche Autoren verstehen unter dieser Form lediglich eine perforierte Appendizitis (18).

Die Leitlinie verweist auf den im klinischen Alltag häufig verwendeten Begriff „Appendixreizung“, welcher sich nach ihrem Verständnis auf eine unkomplizierte Appendizitis bezieht (1), sowie die „negative Appendektomie“, die die chirurgische Entfernung einer histologisch gesunden Appendix vermiformis bedeutet (1), und die „chronisch rezidivierende Appendizitis“, die sich durch ein wiederholtes Auftreten einer unkomplizierten Appendizitis äußert (1).

2.5 Histologische Stadien der Appendizitis

Die Entzündung des Wurmfortsatzes ist histopathologisch durch die Invasion von Granulozyten mikroskopisch detektierbar. Vor allem wandern neutrophile Granulozyten in die Lymphfollikel ein. Der „Primäraffekt“ – auch als katarrhalische Appendizitis bezeichnet – ist durch eine granulozytäre Infiltration mit oberflächlichen Erosionen und Fibrinexsudation gekennzeichnet (33,44). Die Appendizitis zeigt typischerweise einen stadienhaften Verlauf innerhalb von etwa 60 Stunden bis zur Perforation – siehe Abbildung 2. Spontan ausheilen können nur die ersten vier Stadien (33,44).

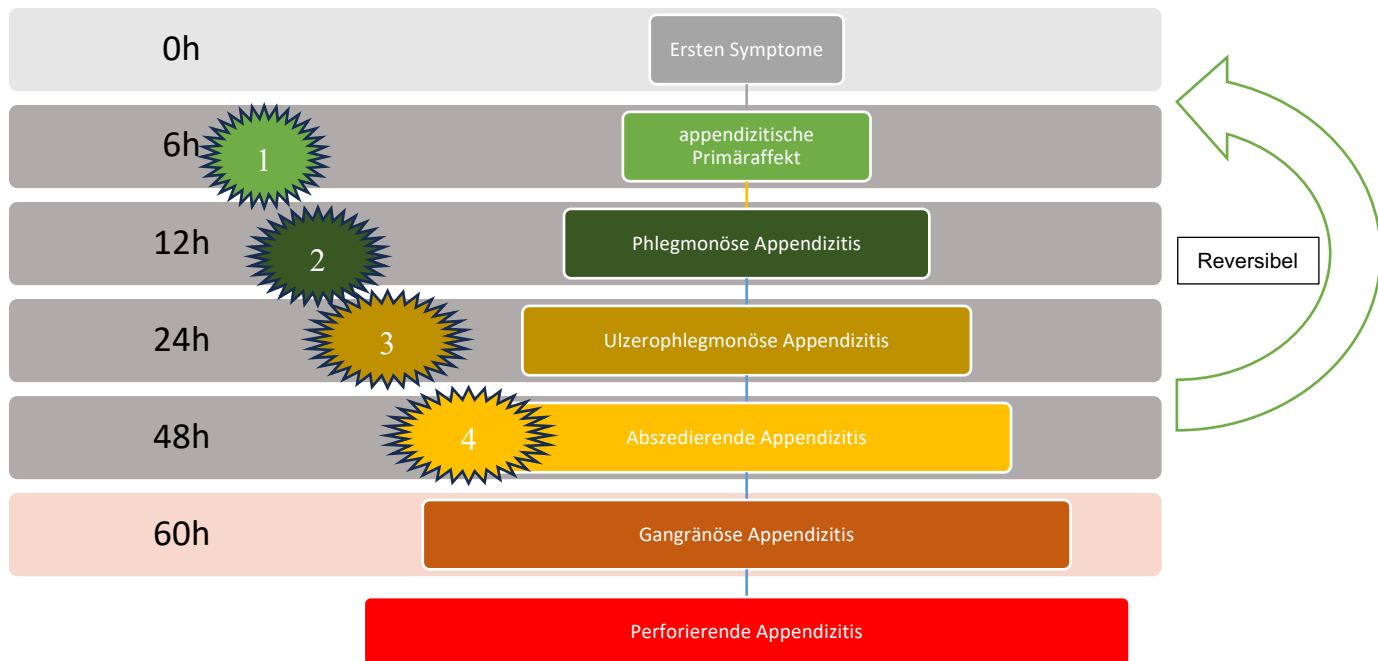


Abbildung 3: Stadien der Appendizitis.

Die einzelnen aufeinanderfolgenden Prozesse können reversibel sowie rezidivierend sein, wodurch eine Defektheilung entstehen kann. Eine spontane Ausheilung ist genauso wie ein gangränöser Zerfall der Appendix möglich (7,33,35). Die Appendizitis lässt sich in fünf histopathologische Stadien unterteilen, die im Folgenden einzeln mit der korrelierenden Makroskopie dargestellt werden.

2.5.1 Primäraffekt/katarralische Appendizitis

Wie bereits oben beschrieben, handelt es sich beim Primäraffekt um das initiale Stadium der Appendizitis mit oberflächlicher Entzündung der Schleimhaut. Die Gefäßzeichenvermehrung ist auf die Serosa begrenzt wie in Abbildung 3 gezeigt (44,45). Makroskopisch zeigt sich eine Hyperämie mit leichter Ödembildung (46,47).

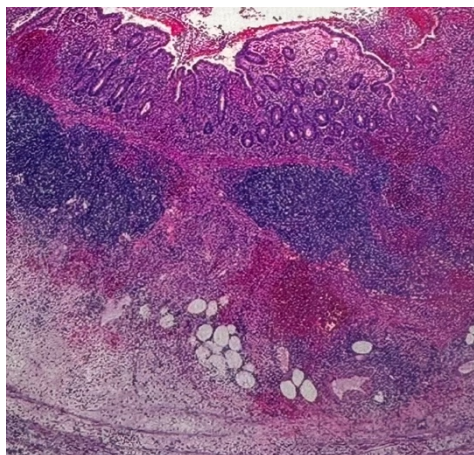


Abbildung 4: Primäraffekt der Appendizitis (48).

2.5.2 Phlegmonöse Appendizitis

Die Entzündung betrifft alle Wandschichten; die Serosa ist fibrinös-granulozytär belegt wie in Abbildung 4 gezeigt (33). Makroskopisch ist die Appendix verdickt, starr und dunkelrot, mit eitrigem Lumeninhalt (7,33,44). Koagulationsnekrosen fehlen.

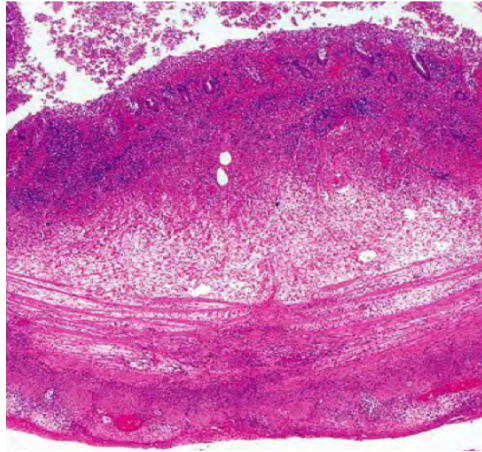


Abbildung 5: Phlegmonöse Appendizitis (48).

2.5.3 Ulzerophlegmonöse Appendizitis

Es bestehen multiple Schleimhautulzerationen, die meist auf Mukosa und Submukosa begrenzt bleiben (33,44–47). Dies kann man in Abbildung 5 sehen. Die Appendix weist gerötete Areale und Defekte auf. Die Entzündung schreitet weiter in tiefere Schichten fort.

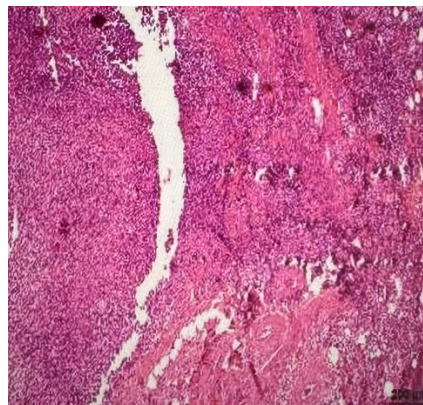


Abbildung 6: Ulceorphlegmonöse Appendizitis (49).

2.5.4 Abszedierende Appendizitis

Mikroskopisch zeigen sich konfluierende fibrinös-eitrige Nekrosen in allen Wandschichten, teils mit Ausbreitung ins Mesenterium (Periappendizitis) wie in Abbildung 6 sichtbar (45). Makroskopisch sind Abszesse sichtbar, die Appendix ist livide.

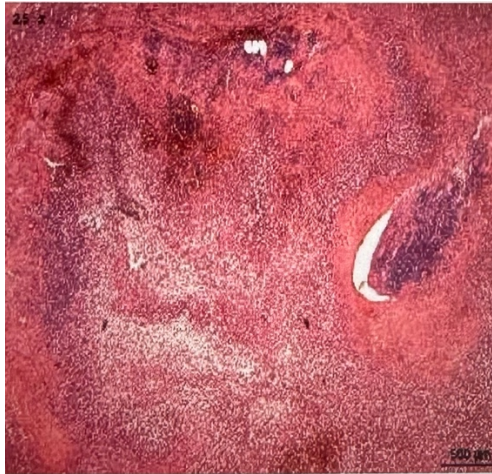


Abbildung 7: Abszedierende Appendizitis (49).

2.5.5 Gangränöse & perforierte Appendizitis

Histologisch liegen ausgedehnte Wandnekrosen vor (33,44–46). Dies ist in Abbildung 7 dargestellt. Makroskopisch ist die Appendix schwarzrot bis graugrün verfärbt mit möglichen perityphlitischen Abszessen und Eiterverhalten (7,33,44,45). Perforation droht oder ist bereits erfolgt (46).

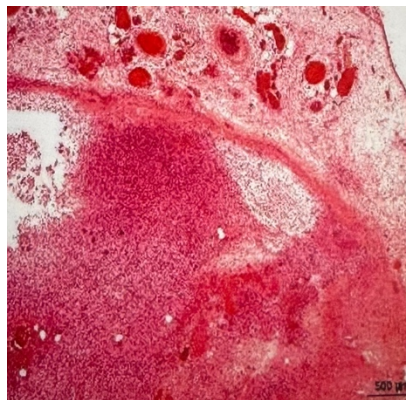


Abbildung 8: Gangränöse Appendizitis (49).

2.6 Chronisch rezidivierende Appendizitis

Die chronisch-rezidivierende Appendizitis ist als Sonderform anzusehen, da sie keinem eigenständigen histopathologischen Stadium der akuten Appendizitis entspricht und somit nicht Teil der klassischen Stadieneinteilung ist (50). Die aktualisierte Leitlinie versteht darunter ein wiederholtes Vorkommen einer unkomplizierten Appendizitis (1). Giuliano et al. untersuchte das klinische Erscheinungsbild der chronischen Appendizitis mit Hinblick auf die Unterschiede zur akuten Appendizitis. Bei der chronischen Appendizitis war häufiger kein Fieber, keine peritoneale Abwehrspannung und keine Leukozytose vorhanden. Symptome, die eher

typisch für die akute Appendizitis sind. Nach Meinung der Autoren ist die chronische Appendizitis sogar ein eigenständiges Krankheitsbild (51). Histologisch ist sie schwer zu verifizieren, da bereits physiologisch eine große Menge an lymphatischem Gewebe in der Appendix vorhanden ist (33). Auffallend sind insbesondere vermehrt Plasmazellen und Histozyten in der Lamina propria (33). Laut Mussack et al. solle man bei rezidivierenden Unterbauchschmerzen von einer chronischen Appendizitis ausgehen und eine elektive Appendektomie empfehlen (52). In dieser Arbeit wird nicht näher auf dieses Krankheitsbild eingegangen.

2.7 Diagnostik

Die Diagnose einer akuten Appendizitis basiert auf Anamnese, körperlicher Untersuchung, Laborparametern und ggf. Bildgebung. Eine Urinuntersuchung dient dem Ausschluss wichtiger Differenzialdiagnosen; bei Frauen im gebärfähigen Alter ist ein Schwangerschaftstest obligat (1,53).

2.7.1 Anamnese

Eine sorgfältige Anamnese ist Grundlage der Diagnostik. Wichtige Punkte sind Schmerzbeginn und -lokalisierung, Vorerkrankungen, Medikation sowie mögliche Differenzialdiagnosen. Abzufragen sind Symptome wie Übelkeit, Erbrechen, Appetitlosigkeit, Stuhl- oder Miktionsveränderungen, Fieber und bei Frauen eine mögliche Schwangerschaft. Bei Schwangeren kann die kraniale Verlagerung der Appendix die Diagnostik erschweren, bei Kindern ist sie dem Alter anzupassen (42). Fehlen Übelkeit/Erbrechen, Druckschmerz und Leukozytose, kann eine Appendizitis mit 98%iger Sicherheit ausgeschlossen werden (54).

Körperliche Untersuchung mit klinischen Zeichen

Bei der körperlichen Untersuchung sollte eine adäquate Analgesie erfolgen, da sie das Ergebnis nicht verfälscht (55). Wichtige Druckpunkte sind der McBurney- und Lanz-Punkt sowie das Blumberg-Zeichen (Abbildung 9) (42). Zu den relevanten Manövern zählen Rovsing-, Douglas- und Psoas-Zeichen (Abbildung 10) (42). Schmerz im rechten Unterbauch ist das sensitivste klinische Zeichen (Sensitivität 0,81; Spezifität 0,53) (20). Lokale Abwehrspannung spricht für eine Reizung des parietalen Peritoneums, generalisierte Abwehrspannung für einen fortgeschrittenen Verlauf (56). Die rektale Untersuchung ist aufgrund geringer Aussagekraft nicht zur Diagnosestellung geeignet. Fieber ist unspezifisch und allein nicht diagnostisch verwertbar (57). Jedoch korreliert eine erhöhte Temperatur mit fortgeschrittener Appendizitis und sollte im Verlauf kontrolliert werden (1,57).

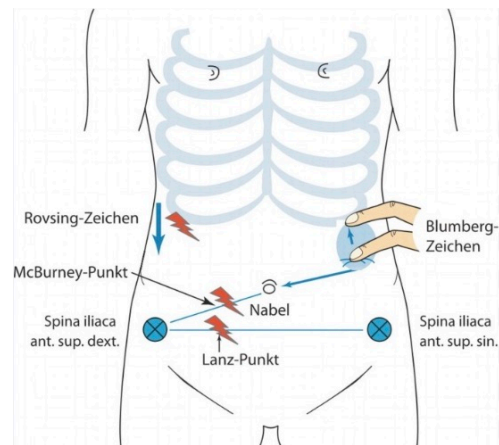


Abbildung 9: Verschiedene Anzeichen der Appendizitis (33).

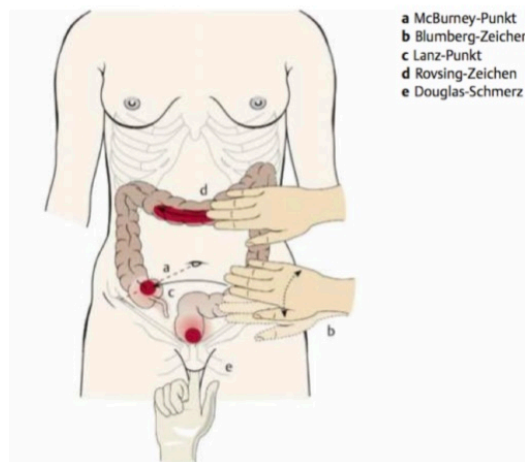


Abbildung 10: Die wichtigsten Druckpunkte und Manöver (58).

2.7.2 Laborchemie

Die kombinierte Erhebung von Laborparametern und der klinischen Anamnese ist bei Verdacht auf eine mögliche akute Appendizitis durchzuführen (1). Insbesondere der Leukozytenwert spielt in der Diagnostik der Appendizitis eine wichtige Rolle (1,7,59,60). Laut Andersson et al. besitzen laborchemische Parameter für sich genommen eine geringe prognostische Aussagekraft, werden jedoch mehrere dieser Parameter kombiniert, steigt der prognostische Wert erheblich (56).

2.7.2.1 *Leukozyten*

Häufig in der Frühphase erhöht, ohne spezifisch zu sein (57,61). Eine erhöhte neutrophile Granulozytenzahl kombiniert mit hohem CRP spricht für eine perforierte Appendizitis, während fehlende Leukozytose bei isoliert erhöhtem CRP eine Perforation als unwahrscheinlich erscheinen lässt (56).

2.7.2.2 C-Reaktive Protein (CRP)

Das C-reaktive Protein (CRP) ist ein unspezifischer Entzündungsmarker, der in der Leber gebildet wird. Es steigt 8-12 h nach Entzündungsbeginn an und erreicht seinen Peak nach 24-48 h (1,57). Aufgrund dieses zeitlichen Verlaufs ist CRP kein zuverlässiger Frühmarker zur Diagnose oder zum Ausschluss einer akuten Appendizitis (62).

2.7.2.3 Procalcitonin

Das Procalcitonin ist eine Vorstufe des Hormons Calcitonin. Es wird in der Regel in den C-Zellen der Schilddrüse gebildet. Es kann auch in Leber und Fettzellen bei körperlichem Stress wie bspw. Infektionen oder Operationen gebildet werden. Es ist ein Marker für bakterielle Entzündungen, ist jedoch nicht spezifisch für das Vorliegen einer Appendizitis auch wenn eine positive Korrelation zwischen Procalcitonin und CRP mit einer komplizierten Appendizitis ermittelt wurde (53,63).

2.7.2.4 Urinanalyse und Schwangerschaftstest

Bei Unterbauchschmerzen sollten Urinanalyse und Schwangerschaftstest, besonders bei jungen Frauen, routinemäßig erfolgen (1,59). So lassen sich urologische Differenzialdiagnosen wie Urolithiasis oder Harnwegsinfektion ausschließen. Eine positive Urinanalyse schließt Appendizitis nicht aus, da in bis zu 40% auffällige Befunde und in 30% eine Bakteriurie auftreten können (7,59). Eine negative Urinanalyse bei passender Symptomatik und Leukozytose spricht stark für Appendizitis. Kein negativer Laborwert kann sie jedoch sicher ausschließen (1,64).

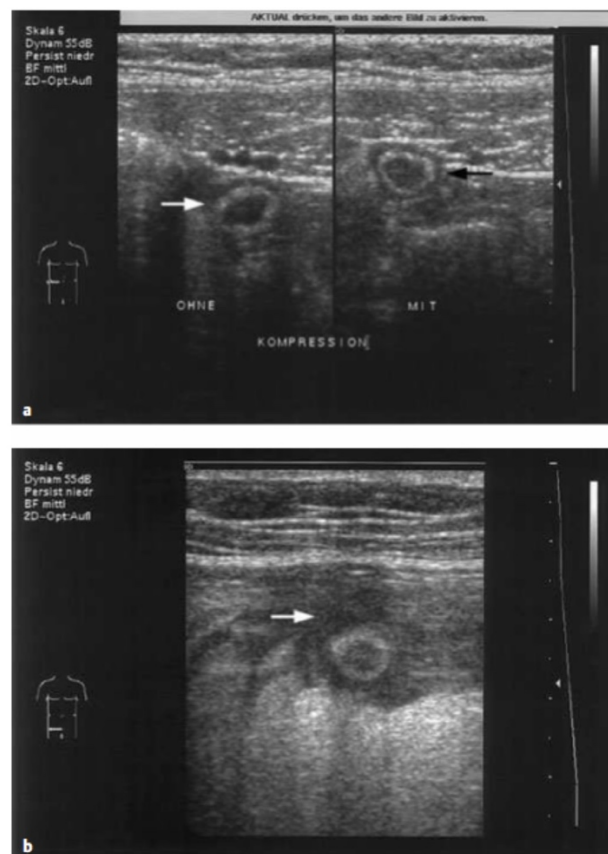
2.7.3 Bildgebende Verfahren

Bildgebende Verfahren sollten vor einer invasiven Behandlung einer akuten Appendizitis erfolgen (1). Sie senken die negative Appendektomiequote, die in den USA bei breitem Einsatz (< 5%) deutlich niedriger ist als in Teilen Europas und Australiens (bis 32%) (16,65–68). Vorteile sind die frühere Diagnosestellung, der sichere Ausschluss einer Appendizitis und die Erkennung alternativer Diagnosen (66). Häufig eingesetzt werden Sonografie, CT und MRT, deren jeweilige Vor- und Nachteile im Folgenden dargestellt werden (1).

2.7.3.1 Sonografie

Die Sonografie ist ein schnelles, kostengünstiges und nicht-invasives Verfahren zur Diagnose der Appendizitis mit einer Sensitivität von 81-98% und einer Spezifität von 71-94% (17,69–71). Ihre Genauigkeit ist bei schlanken Patienten höher, wird jedoch durch Adipositas, Meteorismus oder Schmerzen eingeschränkt (1,71). Ein eindeutiger Ausschluss einer Appendizitis ist sonographisch nicht möglich; bei unklarem Befund sollte eine CT folgen (1,72,73). Spezielle Lagerungstechniken können die Darstellung einer retrozökalen Appendix verbessern und die CT-Rate senken (24).

Wichtige sonographische Befunde sind das Kokardenphänomen (Abb. 11a), intraluminale Koprolithen, ein Durchmesser > 6 mm, vermehrte Perfusion, Abszesse, fehlende Durchblutung bei Nekrose, aufgelöste Wandschichtung (Abb. 11b) und freie Flüssigkeit (7,74).



a Akute Appendizitis mit Dilatation des Lumens und Wandödem der Appendix (→).
b Perforierte Appendizitis: Querschnitt einer Appendix mit perityphlitischem Abszess (→).

Abbildung 11: Sonographische Bilder von Patienten mit akuter Appendizitis (58).

2.7.3.2 Computertomografie

Die Computertomografie (CT) bietet mit einer Sensitivität von 76-100% und Spezifität von 83-100% eine höhere diagnostische Genauigkeit als die Sonografie und ermöglicht zudem den Nachweis bzw. Ausschluss relevanter Differenzialdiagnosen unabhängig von Körperstatur oder Untersucher (17,74). In Deutschland ist sie meist unklaren Fällen vorbehalten (75), während in den USA bis zu 95% der Patienten untersucht werden (76,77). Low-dose-CT reduziert die Strahlendosis um etwa 75% bei vergleichbarer Genauigkeit (92, 93). Bei eindeutigem klinischen und sonographischen Befund ist die CT obsolet; ihr Einsatz lag 2008/2009 in Deutschland bei 7,7%, mit höherer Rate bei multimorbiden Patienten (8). Die Unterscheidung zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis bleibt auch mit CT herausfordernd.

2.7.3.3 Magnetresonanztomografie (MRT)

Das MRT weist mit einer Sensitivität von 97% und Spezifität von 95% eine mit der CT vergleichbare Genauigkeit auf (17). Aufgrund längerer Untersuchungsdauer, höherer Kosten und eingeschränkter Verfügbarkeit wird es im Alltag selten eingesetzt. Es bietet jedoch insbesondere bei jungen Patienten und Schwangeren eine strahlungsfreie und zuverlässige Alternative (1,74,78).

2.7.4 Appendizitis Scores

Empfehlung 3 der Leitlinie sieht den Einsatz klinischer Risiko-Scores im Diagnoseprozess vor (1). In Deutschland werden diese jedoch selten genutzt. Aufgrund der variablen Präsentation und zahlreichen Differenzialdiagnosen (79) wurden verschiedene Scores entwickelt, um die Wahrscheinlichkeit einer akuten Appendizitis abzuschätzen. Die hohe Negativ-Appendektomie-Rate von bis zu 32% in Europa (1) trug maßgeblich dazu bei.

Häufig genutzte Systeme sind der Alvarado-Score (MANTRELS), der Appendicitis Inflammatory Response Score (AIR), der Pediatric Appendicitis Score (PAS), der RIPASA-Score und der Adult Appendicitis Score (AAI) (76). Eine Unterscheidung zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis ist damit nicht möglich.

Der Alvarado-Score ist am weitesten verbreitet und sensitiv, eignet sich besonders zum Ausschluss bei Werten < 5 , hat jedoch eine begrenzte Spezifität (80). Der 2008

entwickelte AIR-Score integriert abgestufte Entzündungsparameter wie CRP und Leukozyten und erreicht eine höhere Spezifität (81).

Die in dieser Arbeit genutzte Alvarado-Score-Modifikation nach Kalan verzichtet auf die Leukozytenverschiebung (Tabelle 2) und senkt nachweislich die Negativ-Appendektomie-Rate (82–84).

Alvarado score		Alvarado score	
Feature	Score	Feature	Score
Migration of pain	1	Migration of pain	1
Anorexia	1	Anorexia	1
Nausea	1	Nausea	1
Tenderness in right lower quadrant	2	Tenderness in right lower quadrant	2
Rebound pain	1	Rebound pain	1
Elevated temperature	1	Elevated temperature	1
Leucocytosis	2	Leucocytosis	2
Shift of white blood cell count to the left	1	Shift of white blood cell count to the left	1
Total	10	Total	9

Tabelle 2: Alvarado Score modifiziert nach Kalan (84,85).

Interpretation: < 5 Punkte → unwahrscheinlich, 5–6 Punkte → möglich, ≥ 7 Punkte → wahrscheinlich.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über ausgewählte Scoring-Systeme zur Diagnostik der Appendizitis, deren Zielgruppen sowie deren jeweilige Aussagekraft.

Score	Zielgruppe/Einsatz	Besonderheit/Aussagekraft
AIR-Score	Erwachsene	Sehr sensitiv; bei Score > 8 Spezifität 99 % (16,76)
Pediatric Appendicitis Score (PAS)	Kinder	Bessere Performance als Alvarado bei Kindern (86)
RIPASA-Score	Asiatische Population	In asiatischen Kollektiven Alvarado überlegen (87)
Neuer Kombi-Score	Erwachsene mit Bildgebung	Nutzt klinische + bildgebende Parameter (z. B. freies Gas, Appedicolith); NPV: 95 % (1,88).

Tabelle 3: Überblick über etablierte Scoring-Systeme zur Appendizitisdiagnostik und ihre diagnostische Aussagekraft.

Die World Society of Emergency Surgery (WSES) empfiehlt die Kombination aus klinischer Untersuchung, Bildgebung und ggf. Laparoskopie (89). In Deutschland bleibt die Diagnose jedoch meist klinisch; die OP-Indikation hängt stark von der Erfahrung des Untersuchers ab (1,7,20).

2.8 Differentialdiagnosen

Die akute Appendizitis ist in erster Linie eine Ausschlussdiagnose. Vor Sicherung der Diagnose sollten andere Erkrankungen mit ähnlicher Symptomatik berücksichtigt werden. Zu den wichtigsten zählen im gastrointestinalen Bereich die Gastroenteritis und die Divertikulitis, im gynäkologischen Bereich die Adnexitis und die Extrauterin gravidität sowie im urologischen Bereich der Harnwegsinfekt und die Urolithiasis (90,91). Es existieren selbstverständlich zahlreiche weitere Differenzialdiagnosen, aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier jedoch nur die häufigsten genannt.

2.9 Therapie der akuten Appendizitis

Die 2021 erschienene deutsche Leitlinie formuliert 15 Empfehlungen zur Therapie der akuten Appendizitis, erarbeitet im Delphi-Verfahren als Orientierung für die klinische Entscheidungsfindung (1). Trotz eines Paradigmenwechsels in der Behandlung bleibt die laparoskopische Appendektomie Standardverfahren (1).

2.9.1 Operative Therapie

2.9.1.1 *Laparoskopischer vs. offener Zugang*

Historisch galt die Appendizitis als irreversible Entzündung mit hohem Perforationsrisiko, weshalb die Appendektomie weltweit etabliert ist (17). In den USA erfolgen jährlich rund 300.000 Eingriffe gegenüber 135.000 in Deutschland (92). Es wird zwischen offener konventioneller und laparoskopischer Appendektomie unterschieden (Abbildung 12).

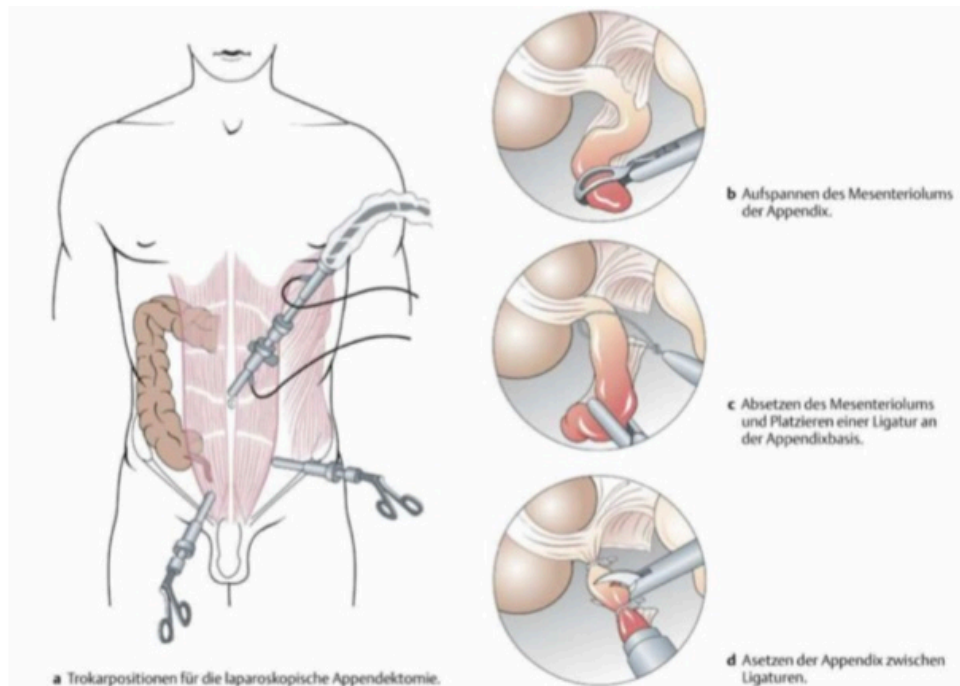


Abbildung 12: Laparoskopische Appendektomie (58).

Neben der offenen konventionellen Technik (1) bietet die Laparoskopie Vorteile wie geringere Morbidität, niedrigere Wundinfektionsrate, weniger Schmerzen, kürzere Liegedauer und die simultane Behandlung weiterer intraabdomineller Befunde (8,93). Anfangs wegen längerer Operationszeit und höherem Gerätebedarf kritisiert (7), ist sie inzwischen mit rund 52% international führend (16). Nachteile sind höhere Raten intraabdomineller Abszesse, insbesondere bei komplizierter Appendizitis (6,7% vs. 3,7% bei offener Technik) (94,95), während die offene Methode häufiger mit Wundinfektionen und Passagestörungen assoziiert ist (8,95). Die Single-Port-Technik zeigt ähnliche Morbiditätsraten, jedoch mehr Konversionen (96,97).

2.9.1.2 Zeitpunkt der operativen Therapie

Die Zeit bis zur Operation wird ab offizieller Indikationsstellung gemessen (1). Bei Patienten über 65 Jahren oder mit Komorbiditäten sollte eine Verzögerung >12h vermieden werden. Eine Aufschiebung um 12-24h unter Antibiotikagabe ist sicher, >48h erhöht jedoch das Infektionsrisiko (76,98,99). Perforierte Appendizitis erfordert eine sofortige Operation (120). Bei Phlegmone oder Abszess werden initial konservative oder interventionelle Maßnahmen empfohlen (17,33,76), während andere Autoren eine sofortige Laparoskopie befürworten (100,101). Der Zeitpunkt ist individuell festzulegen.

2.9.1.3 *Explorative Laparoskopie zur Behandlung einer akuten Appendizitis*

Bei klinischem und laborchemisch bestätigtem Verdacht ohne richtungsweisende Bildgebung wird eine laparoskopische Exploration empfohlen (102). Sie erlaubt die Abklärung anderer Ursachen und sollte laut Leitlinie auch bei makroskopisch unauffälliger Appendix zur Appendektomie führen, da histologisch in > 25% dennoch eine Appendizitis vorliegt (103) und weitere Pathologien wie Faekolithen, Parasiten, Endometriose oder Neoplasien möglich sind (39).

2.9.2 Nicht-operative Therapie der akuten Appendizitis

Bei unkomplizierter Appendizitis wird die primäre antibiotische Therapie kontrovers diskutiert. Metaanalysen zeigen ein erhöhtes Peritonitisrisiko bei Therapieversagen (104) und eine Assoziation von Appendicolithen mit höherer Komplikationsrate und Misserfolg (105,106). Etwa 86% sprechen initial auf Antibiotika an (107), jedoch liegt die Rezidivrate nach fünf Jahren bei 39% (108). Prädiktoren für Therapieerfolg sind u. a. niedrige Alvarado- und AIR-Scores sowie kleiner Appendixdurchmesser (17,109–111), wobei andere Studien widersprüchliche Grenzwerte nennen (112). Versagen oder Rezidive werden meist operativ behandelt (113).

Bei komplizierter Appendizitis ist in Deutschland die Appendektomie Standard (8). Studien zeigen teils Vorteile der primären Operation (114), teils niedrigere Komplikationsraten bei initial konservativer Therapie, insbesondere bei Abszessen (84,115–118). Metaanalysen berichten kürzere Aufenthaltsdauer und geringere Komplikationsraten nach Laparoskopie (119). Eine Intervallappendektomie sollte nur bei ausgewählten Patienten erfolgen (33,120).

2.9.3 Antibiotikatherapie

Übliche Schemata sind Cephalosporin + Metronidazol, Penicillin + Betalaktamaseinhibitor, Chinolone oder andere (16,76). Perioperative Gabe wird stets empfohlen (76,121,122), postoperativ insbesondere bei komplizierter Appendizitis (121). Die Dauer der konservativen Therapie richtet sich nach klinischem Verlauf (17).

2.9.4 Risikogruppen bei der Therapie einer akuten Appendizitis

- **Schwangerschaft:** Erhöhtes Fehlgeburtsrisiko bei komplizierter Appendizitis (123), operative Therapie in jedem Trimenon möglich (124). Laparoskopie ist weniger invasiv und bei Einhaltung kurzer OP-Zeiten und CO₂-Druck von 10–12 mmHg sicher (111).

- **Alter:** Atypische Präsentation, höheres Risiko für gangränöse Appendizitis; Laparoskopie ist zu bevorzugen (125,126).
- **Adipositas:** Erschwerte Diagnostik; Laparoskopie reduziert Wundinfektionen und Komplikationen (127).
- **Immunsuppression/-defizit:** Atypischer Verlauf mit höherer Morbidität/Mortalität; frühzeitige Bildgebung und ggf. Appendektomie empfohlen (128,129).

Die Leitlinien fordern eine Risikostratifizierung nach Schweregrad, Pathologie, Komorbiditäten und Patientengruppe, um bereits bei Diagnosestellung zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis zu unterscheiden (1).

3 Material und Methoden

Bei der Arbeit handelt es sich um eine multizentrische, retrospektive Kohortenstudie. Ziel ist es die klinischen Zeichen, die laborchemischen Werte und die Scores bei den Patienten mit akuter Appendizitis zu untersuchen. Die akute komplizierte Appendizitis ist die Interventionsgruppe und die akute unkomplizierte Appendizitis die Kontrollgruppe. Patienten, die negativ appendektomiert wurden, werden ausgeschlossen, werden jedoch bei der deskriptiven Datenanalyse mit einbezogen, um einer verfälschten Datenpräsentation vorzubeugen.

Am 29. Juni 2020 wurden alle Mitglieder der Chirurgischen Arbeitsgemeinschaft Militär- und Notfallchirurgie (CAMIN) der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Viszeralchirurgie eingeladen, Teil der Studie zu werden. Da durch die Pandemie einige Krankenhäuser eine durchgängige, allgemeinchirurgische Notfallversorgung nicht leisten konnten, wurden diese ausgeschlossen.

Insgesamt sind 41 chirurgische Kliniken Teil der Studie. Die Patienten wurden in der vorgegebenen Matrix erfasst. Ihre Daten waren bis zum zwanzigsten August 2020 der Studienleitung zur Auswertung verfügbar. Eingeschlossen in die Studie sind Universitätskrankenhäuser, Maximal-, Schwerpunkt- sowie Grund- und Regelversorger.

3.1 Zeitraum

Der Zeitraum der Studie betrug insgesamt zehn Wochen. Die Aufzeichnung der Datenerfassung fängt ab dem Beginn der Krankenhaus-Lockdown-Phase zum 25. Februar und 27. März 2020 an, je nach lokalem Covid-19-Management der einzelnen Studienzentren. Der gleiche Zeitraum wurde für 2019 gewählt.

3.2 Einschlusskriterien

In die Studie wurden Patienten aller Altersgruppen eingeschlossen, die während des oben genannten Zeitraumes der hier vorliegenden Studie mit der Diagnose „K35“ in einer der Studienzentren behandelt wurden. Die kodierte Diagnose „K35“ steht laut ICD-10-GM, für das Krankheitsbild „akute Appendizitis“.

Des Weiteren wurde die Appendizitis in zwei Gruppen (unkompliziert K35.8 und kompliziert K35.2, K35.3X) eingeteilt. In dieser Arbeit zählten zur unkomplizierten jeweils die katarrhalische, phlegmonöse und ulzerophlegmonöse Appendizitis, wenn

keine der unten genannten Ausschlusskriterien vorlagen. Die komplizierte Appendizitis schloß die abszedierende, die gangränös sowie die perforierte Appendizitis mit und ohne Peritonitis ein.

3.3 Ausschlusskriterien

Patienten wurden ausgeschlossen, wenn eines der hier aufgelisteten Kriterien vorlag:

- Elektive Appendektomie
- Fehlender histopathologischer Befund
- Konservative Behandlung ohne Operation während des stationären Aufenthaltes
- Andere intraoperative Befunde, die eindeutig ursächlich für die Symptomatik sein könnten ohne das simultane Vorliegen einer Appendizitis (z.B.: Meckel Divertikel, Ovarialzyste, Leistenhernie)
- Gelegenheitsappendektomie im Rahmen einer anderen Operation
- Chronische Appendizitis und andere Erkrankungen der Appendix (z.B. neuroendokriner Tumor/ Karzinoid, ICD-10 „K36-38“)

3.4 Datenerhebung

Eine anonymisierte Datenmatrix mit festgelegten Variablen wurde erstellt. Diese Matrix ist an die teilnehmenden Kliniken geschickt worden. Falldaten waren im jeweiligen Patientendokumentationssystem bei den einundvierzig Kliniken digital hinterlegt. Sie wurden aus der Datenbank der Studienzentren entnommen, intern validiert und in die anonymisierte Datenmatrix übernommen. Die Daten wurden an die administrativen Zentren in Koblenz und Würzburg übermittelt. Daraufhin wurden sie erneut in einer Datenbank (Excel 2016, Microsoft, US) zusammengefasst.

Sämtliche Variablen, die Aufschluss auf die Identität der Zentren oder des jeweiligen Patienten geben könnten, sind nicht erhoben worden.

Die in Tabelle 4 aufgelisteten fünfundzwanzig Variablen inklusive Definition zur statistischen und deskriptiven Auswertung sind erhoben worden.

Variable	Definition
American Society of Anaesthesiology (ASA)	Bewertung der intra-&postop. Risiken ASA I-IV
Geschlecht	männlich vs. weiblich
Alter	in Jahren
Immunsuppression	ja vs. nein

Mod. Alvarado Score (MAS)	0-9
Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD)	ja vs. nein
Antikoagulation	ja vs. nein
Charlson Comorbidity Index (CCI)	Charlson Comorbidity Index (CCI)
Mannheimer Peritonitis Score	0-47
Höhe des CRP	mg/l
Anzahl der Leukozyten	/nl
Zugangsweg	laparoskopisch vs. Umstieg von laparoskopisch auf offen vs. primär offen
OP-Zeitpunkt	sofort nach Vorstellung vs. nach stationärer Überwachung
Durchführung von bildgebenden Verfahren	Keine /Sonografie und/oder CT und/oder MRT
Histopathologischer Begutachtungsbefund	keine Entzündung vs. katarrhalisch vs. phlegmonös vs. ulzerophlegmonös vs. gangränös
Perityphlithischer Abszess	ja vs. nein
Perforation der Appendix	ja vs. nein
Intraoperative Komplikation	ja vs. nein
Diabetes Mellitus	ja vs. nein
Peritonitis	ja vs. nein
Dauer der Beschwerden vor der ersten Arztkonsultation	in Stunden (h)
Dauer des stationären Aufenthalts	in Tagen (d)
Intensivmedizinische Therapie	ja vs. nein
Dauer der intensivmedizinischen Therapie	in Tagen (d)
Komplikationen postoperativ nach Clavien-Dindo	1-5

Tabelle 4: Erhobene Variablen und Definition.

3.5 Gruppierung der Appendix Pathologien

Patienten wurden in drei Gruppen entsprechend des Befundes, der intraoperativ erhoben wurde, und der darauffolgenden histopathologischen Begutachtung durch das pathologische Institut eingeteilt.

3.5.1 *Negativ-Appendektomie*

Kein Nachweis einer Entzündung jeglicher Genese der Appendix. Die Zuordnung erfolgte bei histopathologisch nicht zuzuordnenden Befunden und bei histologisch und makroskopisch fehlendem Nachweis einer Pathologie anderen Ursprungs des Appendix.

3.5.2 Unkomplizierte Appendizitis

Bei histologisch nachgewiesener katarrhalischer oder phlegmonöser Appendizitis ohne Perforation erfolgt die Zuordnung in diese Gruppe.

3.5.3 Komplizierte Appendizitis

Bei histopathologisch nachgewiesener gangränöser Appendizitis erfolgt die Zuordnung in dieser Gruppe. Weiterhin wurde die Periappendizitis mit oder ohne Perforation mit oder ohne intraoperativ vorhandener Peritonitis und/oder Abszess dieser Gruppe zugeordnet. Bei möglicher Abweichung zwischen dem histopathologischen Befund und dem intraoperativen makroskopischen Befund wurde die Gewichtung des histopathologischen Befundes als ausschlaggebend angesehen. Eine Ungenauigkeit des histopathologischen Befundes wurde als höhergradiges Stadium gewertet.

3.6 Charlson- Komorbiditätsindex (CCI)

Die Punkte werden je nach Erkrankung und Alter des Patienten unterschiedlich gewichtet und verteilt (Tabelle 5).

Punkte	Erkrankung	Alter
1	Herzinfarkt, systolische Herzinsuffizienz, periphere arterielle Verschlusskrankheit, zerebrovaskuläre Erkrankung, Demenz, Chronische Lungenerkrankung, Kollagenosen, Gastroduodenale Ulkuskrankheit, Leichte Lebererkrankung (chronische Hepatitis oder Leberzirrhose ohne portale Hypertonie), Diabetes mellitus	50-59 Jahre
2	Hemiplegie, Moderate bis schwere Nierenerkrankung (Dialysepflichtigkeit, Z.n. Nierentransplantation, Urämie oder Kreatinin > 3mg/dl), Diabetes mellitus mit Endorganschaden, Tumor, Leukämie, Lymphom	60-69 Jahre
3	Moderate bis schwere Lebererkrankungen (Leberzirrhose mit portaler Hypertonie bzw. Varizenblutung in der Anamnese)	70-79 Jahre
4	-	80-89 Jahre
5	-	90-99 Jahre
6	metastasierender solider Tumor, AIDS	-

Tabelle 5: Verteilung der Punkte des CCI.

Anhand der beschriebenen Gruppen wurden die Patienten in dieser Arbeit in vier Gruppen bzgl. der Schwere ihrer Komorbiditäten eingeteilt (Tabelle 6) (130).

CCI		1-Jahres Mortalität
0	keine Vorerkrankungen	12%
1 bis 2	Geringe Vorerkrankungen	26%
3 bis 4	Moderate Vorerkrankungen	52%
Über oder gleich 5	Schwere Vorerkrankungen	85%

Tabelle 6: Charlson Comorbidity Index.

3.7 American Society of Anesthesiologists-Klassifikation (ASA-Score)

Die Patienten wurden im Rahmen der Auswertung entsprechend ihrer ASA-Klasse unterteilt (Tabelle 7).

ASA-Klassifikation	Patientenkonstitution
ASA 1	Normaler, gesunder Patient
ASA 2	Patient mit leichten Allgemeinerkrankungen ohne Einschränkungen im täglichen Leben
ASA 3	Patient mit schweren Allgemeinerkrankung mit deutlicher Beeinträchtigung
ASA 4	Patient mit schweren Allgemeinerkrankungen, die mit eine Lebensbedrohung einhergehen
ASA 5	Moribunder („totgeweihter“) Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überlebt
ASA 6	Hirntoter Patient, der seine Organe der Organspende zur Verfügung stellt

Tabelle 7: ASA-Klassifikation.

3.8 Statistische Analyse

Die Daten wurden alle anonymisiert zusammengefügt und an das zentrale Datenmanagement der Studie in Würzburg an das Universitätskrankenhaus übermittelt. Die anonymisiert weitergeleiteten Studiendaten wurden zur statistischen Analyse in IBM Statistics SPSS überführt. Statistische Tests wurden bei ausreichender

Qualität der Daten und gemäß der Art der Daten durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der statistischen Beratung des Instituts für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI). Der Chi-Quadrat-Test wurde für kategoriale Variablen und der Mann-Whitney-U-Test für ordinale oder quantitative Variablen genutzt. Die Effektstärke wurde bei Verwenden des Mann-Whitney U-Tests durch den Spearman Korrelationskoeffizienten ermittelt und bei dem Chi-Quadrat Test mittels Phi-Koeffizient. Bei deskriptiven Daten sind Mittelwerte mit Standarddeviation aufgeführt. Der p-Wert unter 0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen. Zuzüglich wurden zur Bewertung der Genauigkeit von Modellvorhersagen ROC-Analysen durchgeführt und eine bivariate logistische Regression angewendet, um die Assoziation zwischen der Variablen unkomplizierte vs. komplizierte Appendizitis und einigen anderen Variablen zu modellieren.

3.9 Ethikvotum

Vor Studienbeginn wurde das geplante Studienprotokoll seitens der verantwortlichen Ethikkommissionen der administrativen Studienzentren Würzburg und Koblenz für ethisch vertretbar erklärt und genehmigt. Dies ist in Koblenz bei der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz Nr.: 2020-15159 und in Würzburg bei der Ethikkommission der Universität Würzburg, Nr. 20200702 01 einsehbar. Lokal ethische Prüfungsausschüsse haben bei peripher gelegeneren Studienteilnehmern eine Genehmigung erhalten.

4 Ergebnisse

4.1 Einteilung der operierten Fälle

Von 1.915 eingeschlossenen Patienten wurden 6 (0,3%) aufgrund unvollständiger Angaben ausgeschlossen. Die verbleibenden 1.909 Fälle umfassten 633 (33,2%) unkomplizierte und 1.166 (61,1%) komplizierte Appendizitiden; 110 (5,8%) negative Appendektomien wurden nur deskriptiv ausgewertet. Die Verteilung der Hauptdiagnosen unterschied sich signifikant zwischen den Versorgungsstufen ($p < 0,001$; Cramér's $V = 0,097$; kleiner Effekt): Unkomplizierte Appendizitiden traten häufiger in Maximalversorgern, komplizierte überwiegend in Grund-/Regelversorgern und Universitätskliniken auf (Anhang Tabelle 8).

4.2 Erfassungszeitraum und Verteilung der Fälle

Zwischen 2019 und 2020 sank die Zahl der Appendektomien signifikant um 13,5% ($p = 0,003$), während der Anteil komplizierter Verläufe um 6,2% zunahm ($p = 0,012$) (Anhang Tabelle 9 & Diagramm 7).

4.3 Geschlechterverteilung

Im Vergleich unkomplizierter und komplizierter Appendizitiden traten komplizierte Verläufe bei Männern signifikant häufiger auf ($p = 0,003$) (Diagramm 1). Negative Appendektomien waren bei Frauen häufiger ($p = 0,008$). Zwischen 2019 und 2020 blieb die Geschlechterverteilung unverändert ($p = 0,184$), ebenso die Verteilung der

Kliniken ($p = 0,518$) (siehe Anhang Tabellen 10-11).

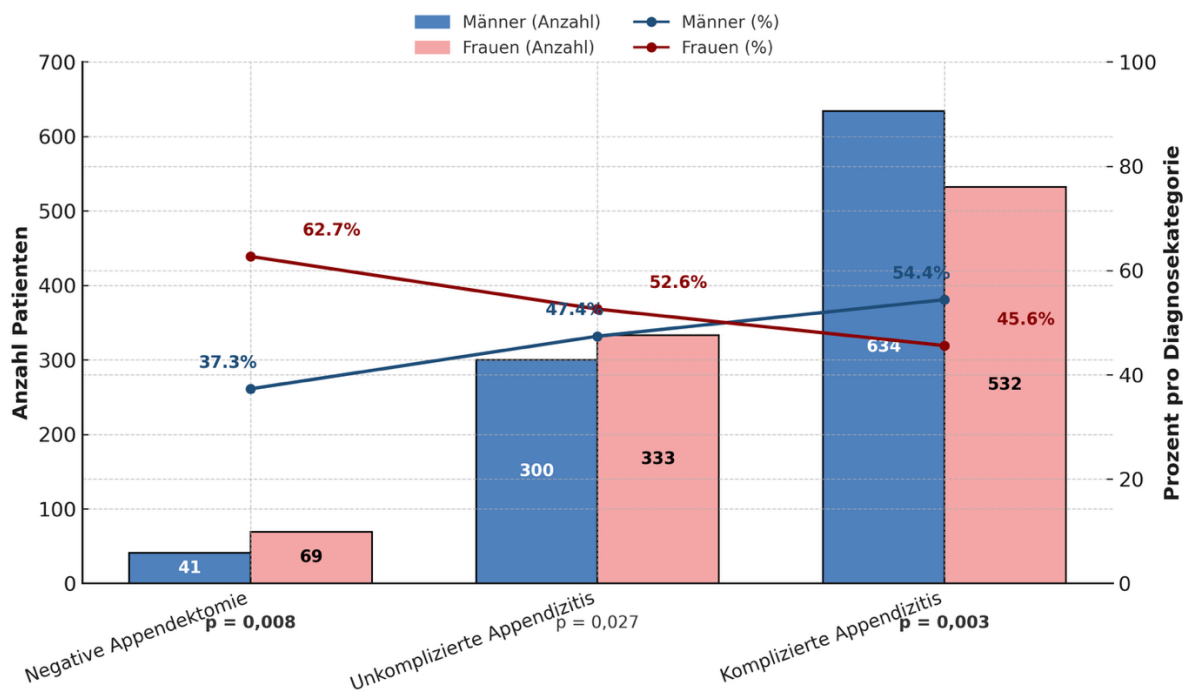
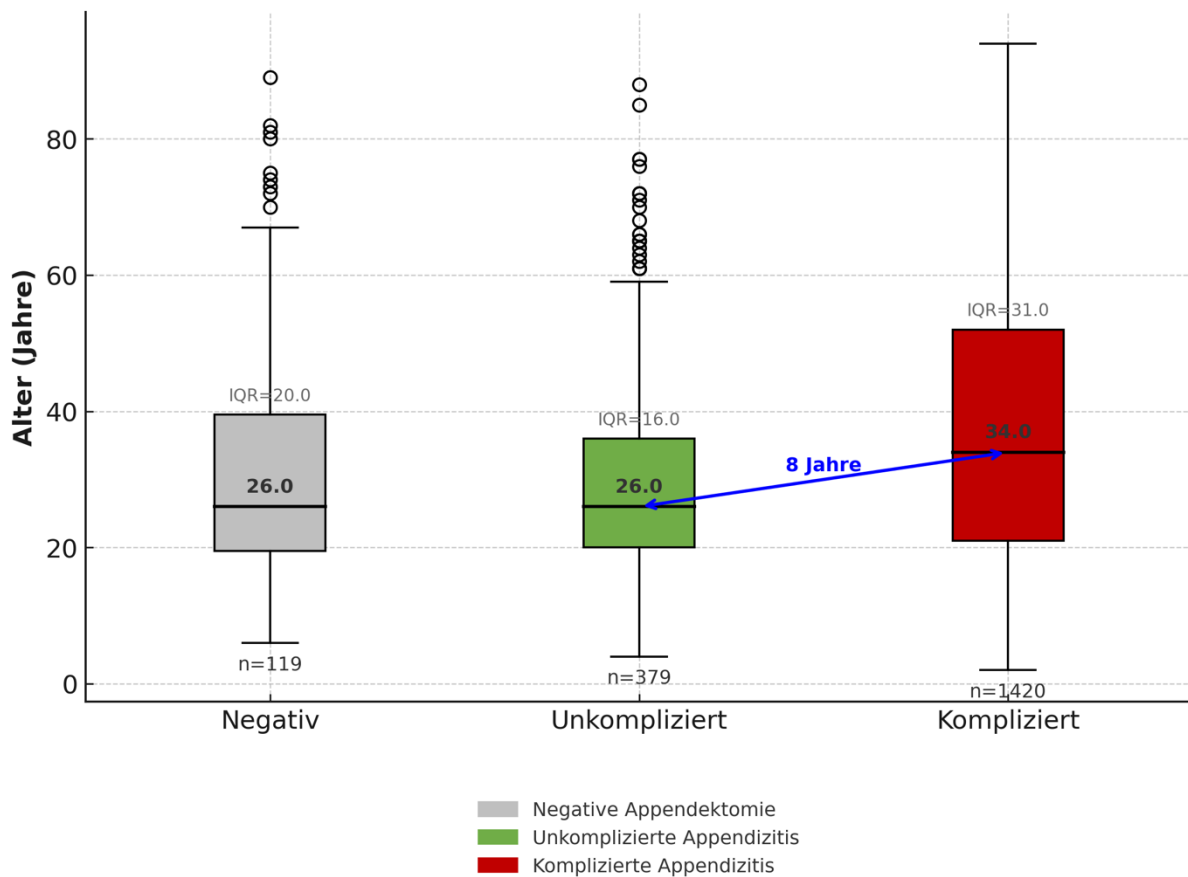


Diagramm 1: Verteilung der Appendizitis-Diagnosen nach Geschlecht mit absoluten Fallzahlen, relativen Häufigkeiten und Signifikanzangaben

4.4 Altersverteilung

Das Alter unterschied sich signifikant zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis (Median 26 vs. 34 Jahre; $p < 0,001$; $r = 0,13$; kleiner Effekt; Boxplot 1).



Boxplot 1: Alter der Patienten nach Art der Appendizitis.

4.5 Komorbiditäten

4.5.1 Übergewicht BMI

Adipositas bestand bei 16,1 % der 1.679 auswertbaren Patienten und war bei komplizierter Appendizitis signifikant häufiger ($p = 0,028$; Cramér's $V = 0,039$; sehr kleiner Effekt; Anhang Tabelle 12).

4.5.2 Charlson Comorbidity Index

Der Median des Charlson Comorbidity Index (CCI) betrug in beiden Gruppen 0. Ein $CCI \geq 3$ trat bei komplizierter Appendizitis signifikant häufiger auf als bei unkomplizierter ($p < 0,001$; Cramér's $V = 0,079$; sehr kleiner Effekt; Anhang Tabelle 13).

4.6 Symptombdauer bis zur ersten ärztlichen Vorstellung

Die mediane Symptombdauer betrug in beiden Gruppen 24 h. Weder Mittelwerte ($p = 0,285$) noch die Auswertung in vier Zeitkategorien (< 24 h, ≥ 24 h sowie < 48 h, ≥ 48

h) zeigten signifikante Unterschiede ($p = 0,084$ bzw. $p = 0,829$) (Anhang Tabellen 14-15, Boxplot 2).

4.7 Zeit zur Indikationsstellung bis zur operativen Versorgung

Bei komplizierter Appendizitis erfolgte signifikant häufiger eine direkte Operation bei Aufnahme als bei unkomplizierter Appendizitis ($p < 0,001$; Cramér's $V = 0,103$; kleiner Effekt) (Anhang Tabelle 16). Die VAS-Werte unterschieden sich zwischen beiden Gruppen nicht signifikant ($p = 0,252$) (Anhang Tabelle 17-18).

4.8 Unterformen der komplizierten Appendizitis

4.8.1 *Peritonitis*

Bei 65,5% der komplizierten Appendizitiden wurde eine Peritonitis festgestellt. In fast der Hälfte dieser Fälle bestand gleichzeitig eine Perforation (46,6%). Der Zusammenhang zwischen Peritonitis und Perforation war signifikant (OR = 2,76; 95 %-KI 2,11-3,62; $p < 0,001$)(Anhang Tabelle 19-20).

4.8.2 *Abszess*

Ein Abszess trat bei 19,4% der komplizierten Fälle auf. Am häufigsten bestand eine Koinzidenz mit Perforation (OR = 4,53; 95%-KI 3,32-6,18; $p < 0,001$), gefolgt von der Kombination mit Peritonitis (OR = 1,09; 95%-KI 0,80-1,49; $p = 0,585$)(Anhang Tabelle 19&21).

4.8.3 *Perforation*

Perforationen fanden sich bei 38,5% der komplizierten Appendizitiden. In 78,5% dieser Fälle lag gleichzeitig eine Peritonitis vor. Der Zusammenhang zwischen Perforation und Peritonitis war signifikant (OR = 2,76; 95 %-KI 2,11-3,62; $p < 0,001$)(Anhang Tabelle 19&22).

4.9 ASA-Score

Die ASA-Klassifikation war bei komplizierter Appendizitis signifikant höher (Median 2 [IQR 1-2]) als bei unkomplizierter (Median 1 [IQR 1-2]; $p < 0,001$; Cramér's $V = 0,146$ – kleiner bis mittlerer Effekt) (Anhang Tabelle 23, Diagramm 8). $ASA \geq 3$ trat bei komplizierter Appendizitis über dreimal häufiger auf (OR 3,23; 95%-KI 2,10-4,97).

4.10 Klinische Zeichen

4.10.1 Blumberg-Zeichen

Ein positives Blumberg-Zeichen trat bei komplizierter Appendizitis signifikant häufiger auf als bei unkomplizierter (54,4% vs. 35,3%; $p < 0,05$; $\Phi = 0,184$, kleiner-mittlerer Effekt)(Diagramm 2). Die Diskriminationsfähigkeit war mit einer AUC von 0,60 gering und unterstreicht die eingeschränkte Aussagekraft dieses Zeichens (Anhang Tabelle 24).

4.10.2 Lanz-Punkt

Der Lanz-Punkt war bei komplizierter Appendizitis häufiger positiv (79,6% vs. 67,4%; $p < 0,05$; $\Phi = 0,136$, kleiner Effekt)(Diagramm 2). Die Trennschärfe war mit AUC 0,56 niedrig und bestätigt die begrenzte Unterscheidungskraft (Anhang Tabelle 25).

4.10.3 McBurney Punkt

Der McBurney-Punkt zeigte nur geringe Unterschiede (91,9% vs. 85,8%; $p < 0,05$; $\Phi = 0,096$, kleiner Effekt)(Diagramm 2). Mit einer AUC von 0,53 lag die Diskriminationsfähigkeit nahe dem Zufallsniveau, womit auch dieses Zeichen für die Differenzierung kaum geeignet ist (Anhang Tabelle 26).

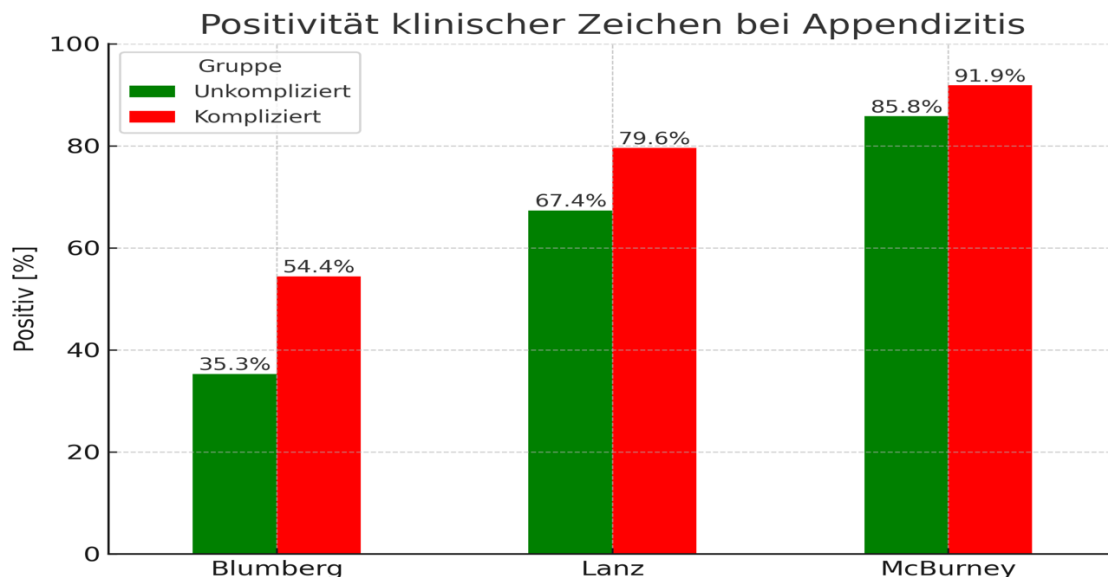


Diagramm 2: Vergleich der Positivität von Blumberg-, Lanz- und McBurney-Zeichen nach Schweregrad der Appendizitis

4.11 Scoring Systeme

4.11.1 Modified Alvarado Score (MAS)

Der Modified Alvarado Score (MAS) war bei komplizierter Appendizitis signifikant höher (Median 6 [IQR 4-7]) als bei unkomplizierter Appendizitis (Median 4 [IQR 3-6]; $p < 0,001$; $r = 0,29$, mittlerer Effekt)(Anhang Tabelle 27-28). Jeder Punktanstieg im Score erhöhte das Risiko einer komplizierten Appendizitis um 34,5% (OR 1,35; 95%-KI 1,28-1,42). Die ROC-Analyse ergab eine AUC von 0,671 (95%-KI 0,644-0,699), entsprechend einer nur geringen Trennschärfe.

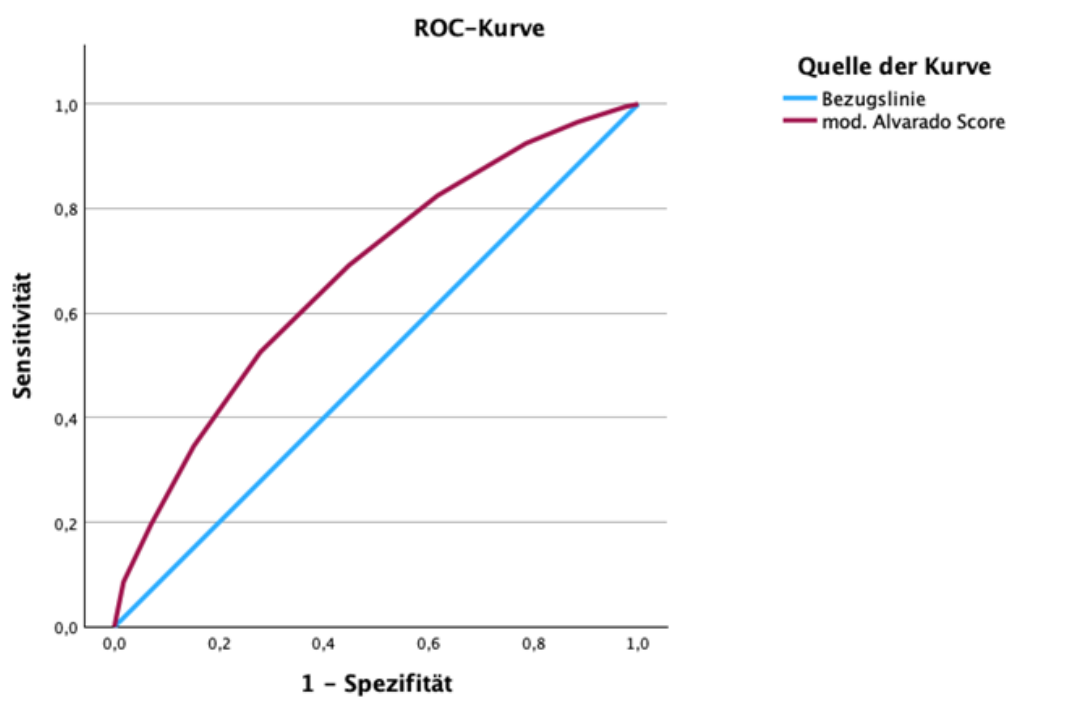


Diagramm 3: ROC-Kurve des Modified Alvarado Scores zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,671).

4.12 Laborchemie

4.12.1 Leukozyten

Der mittlere Leukozytenwert lag bei Patienten mit unkomplizierter Appendizitis bei $11,92 \pm 5,19 \times 10^9/l$, während er bei komplizierter Appendizitis mit $14,27 \pm 4,70 \times 10^9/l$ signifikant höher war ($p < 0,001$; $r = 0,259$, kleiner bis moderater Effekt).

In der logistischen Regressionsanalyse erwies sich der Leukozytenwert als signifikanter Prädiktor: Mit jedem Anstieg um $1 \times 10^9/l$ erhöhte sich das Risiko für eine

komplizierte Appendizitis um 12,1% (OR = 1,121; 95%-KI 1,099-1,143). Die Modellgüte war jedoch gering, das heißt, der Leukozytenwert erklärte nur etwa 6-8 % der Varianz (Cox & Snell $R^2 = 0,056$; Nagelkerke $R^2 = 0,077$).

Die ROC-Analyse bestätigte die eingeschränkte Aussagekraft: Die Fläche unter der Kurve (AUC) betrug 0,657 (95%-KI 0,630-0,683; $p < 0,001$) und weist damit nur eine geringe Trennschärfe auf (Diagramm 4).

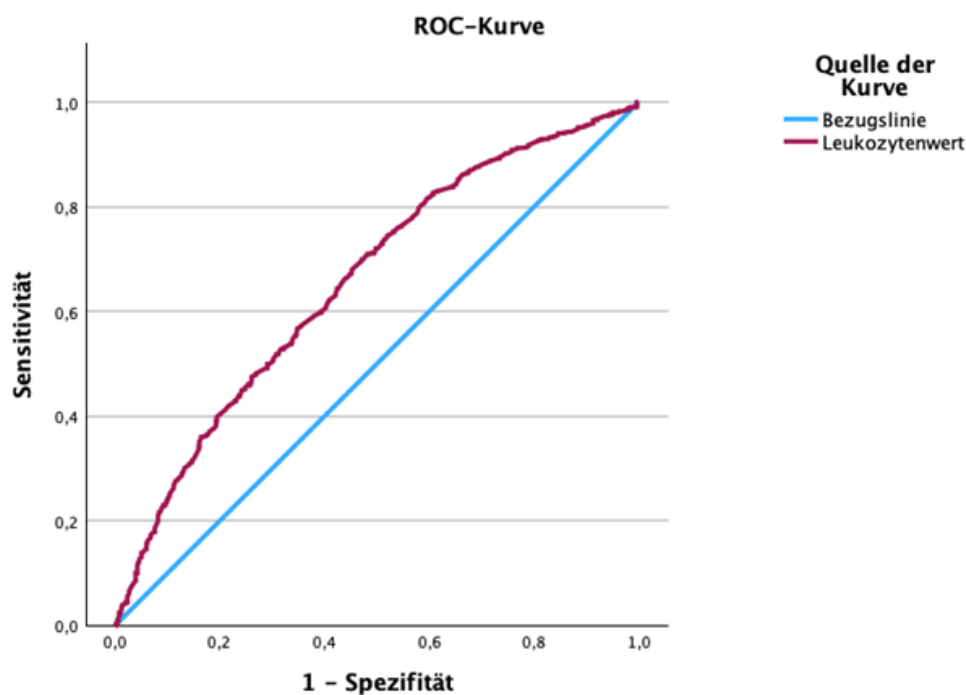


Diagramm 4 ROC-Kurve der Leukozytenwerte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,657).

4.12.2 Procalcitonin

Der mittlere Procalcitoninwert lag bei Patienten mit unkomplizierter Appendizitis bei $1,19 \pm 4,28$ ng/ml, während er bei komplizierter Appendizitis mit $8,40 \pm 21,13$ ng/ml signifikant höher war ($p < 0,001$; $r = 0,384$, moderater Effekt).

In der logistischen Regressionsanalyse erwies sich Procalcitonin nicht als signifikanter Prädiktor: Mit jedem Anstieg um 1 ng/ml stieg das Risiko für eine komplizierte Appendizitis zwar rechnerisch um 5% (OR = 1,050; 95%-KI 0,957-1,152), das Ergebnis war jedoch nicht signifikant ($p=0,225$). Die erklärte Varianz war gering (Cox & Snell $R^2 = 0,033$; Nagelkerke $R^2 = 0,050$).

Die ROC-Analyse ergab eine AUC von 0,744 (95%-KI 0,621-0,867; $p < 0,001$) und weist damit auf eine moderate Trennschärfe hin (Diagramm 5). Aufgrund der geringen

Fallzahl (n=77) und der Überrepräsentation komplizierter Fälle ist die Aussagekraft jedoch eingeschränkt (Anhang Tabelle 29).

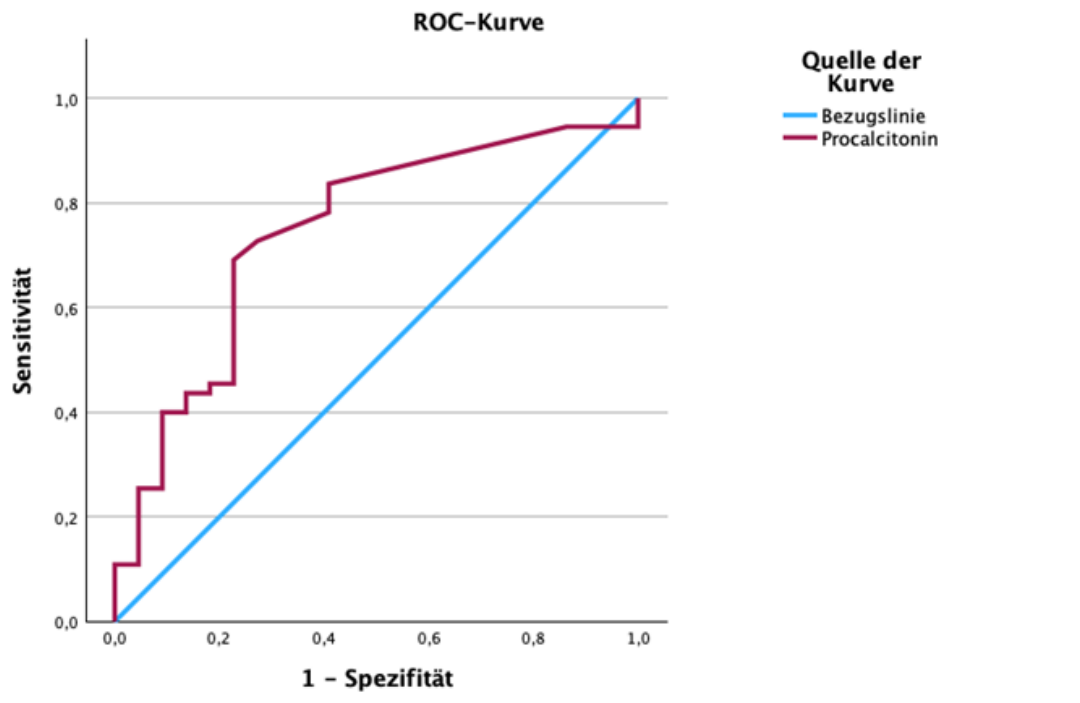


Diagramm 5 ROC-Kurve der Procalcitoninwerte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,744).

4.12.3 C-reaktives Protein

Der mittlere CRP-Wert lag bei Patienten mit unkomplizierter Appendizitis bei $30,9 \pm 44,9$ mg/l, während er bei komplizierter Appendizitis mit $78,3 \pm 96,6$ mg/l deutlich höher war ($p < 0,001$; $r = 0,300$, moderater Effekt).

In der logistischen Regressionsanalyse erwies sich der CRP-Wert als signifikanter Prädiktor: Mit jedem Anstieg um 1 mg/l erhöhte sich das Risiko für eine komplizierte Appendizitis um 0,4% (OR = 1,004; 95%-KI 1,003-1,006; $p < 0,001$). Die erklärte Varianz war sehr gering (Cox & Snell $R^2 = 0,019$; Nagelkerke $R^2 = 0,027$).

Die ROC-Analyse bestätigte die eingeschränkte Aussagekraft: Die Fläche unter der Kurve (AUC) betrug 0,682 (95%-KI 0,657-0,707; $p < 0,001$; Diagramm 6) und weist damit nur eine geringe bis moderate Trennschärfe zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis auf.

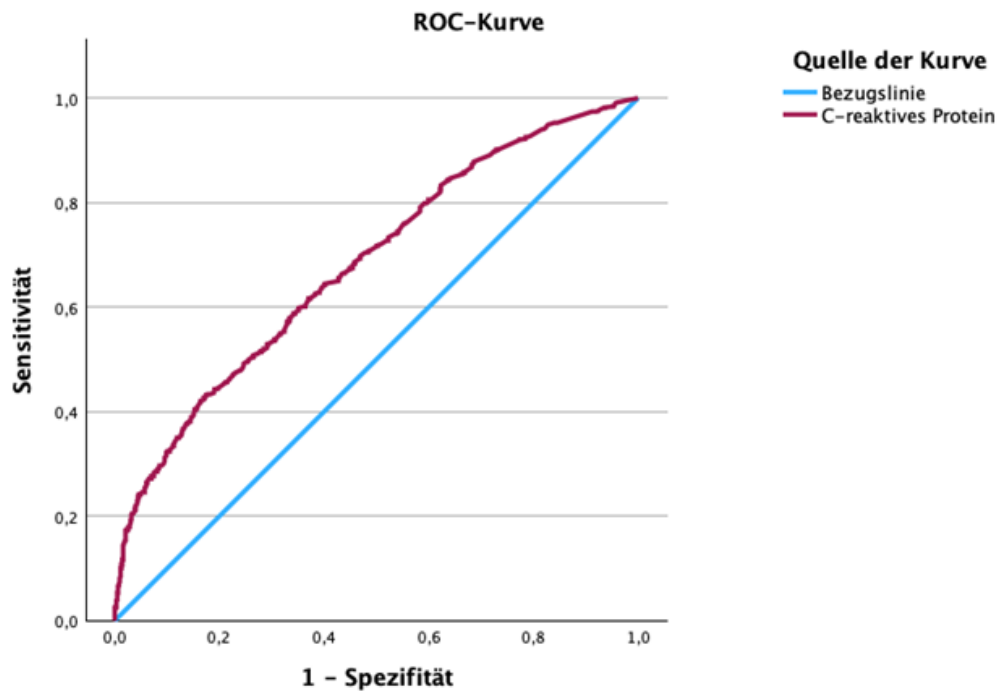


Diagramm 6 ROC-Kurve der CRP-Werte zur Differenzierung unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (AUC = 0,682).

4.13 Multiple logistische Regression

In der multivariablen logistischen Regressionsanalyse erwiesen sich Geschlecht, Alter, der MAS-Score sowie die Leukozytenzahl als unabhängige Prädiktoren für eine komplizierte Appendizitis. Männer, ältere Patienten sowie höhere Leukozytenwerte und MAS-Scores waren jeweils mit einem signifikant erhöhten Risiko assoziiert. Andere untersuchte Variablen zeigten keinen relevanten Einfluss (Anhang Tabelle 30). Der Parameter Procalcitonin wurde aufgrund der geringen Fallzahl und der damit verbundenen Verzerrungsgefahr aus der Analyse ausgeschlossen.

5 Diskussion

In dieser Arbeit ging es darum anhand von klinischen Zeichen, laborchemischen Werte und Scores zu untersuchen, ob eine Differenzierung präoperativ in unkomplizierte oder komplizierte Appendizitis möglich ist. Die Ergebnisse zeigen, dass klassische Parameter zwar statistisch signifikante Unterschiede widerspiegeln, ihre prädiktive Güte jedoch nicht ausreicht, um eine sichere klinische Entscheidung zu ermöglichen.

5.1 Epidemiologie und COVID-19

Die hohe Rate komplizierter Verläufe in unserer Kohorte (61,1% vs. 33,2% unkomplizierte Fälle; 5,8% negative Appendektomien) weicht deutlich von den etwa 20% komplizierter Verläufe in der Literatur ab. Dieser Unterschied ist durch die Beschränkung auf operierte Fälle und den Ausschluss konservativ behandelter Patienten erklärbar (43,118). Ebenso auffällig waren die Unterschiede in den beiden Erfassungszeiträumen 2019 und 2020.

Auffällig war zudem die pandemiebedingte Verschiebung: Während 2020 die Gesamtzahl der Appendektomien um 13,5% zurückging, stieg der Anteil komplizierter Fälle signifikant um 6,2% ($p=0,012$). Vergleichbare Befunde wurden international berichtet: In Großbritannien, Israel und Griechenland zeigte sich während der ersten COVID-19-Wellen eine Abnahme elektiver Eingriffe, jedoch eine signifikante Zunahme perforierter Appendizitiden (131–133). Andere Studien konnten dagegen keine wesentliche Veränderung feststellen (134,135). Dies verdeutlicht, dass regionale Faktoren wie Organisation der Notfallversorgung, lokale Inzidenzen und Lockdown-Maßnahmen entscheidenden Einfluss hatten.

5.2 Geschlecht und Alter

Männer entwickelten in unserer Kohorte signifikant häufiger komplizierte Verläufe ($p = 0,003$), Frauen hingegen wiesen eine höhere Rate negativer Appendektomien auf ($p = 0,008$). Dies deckt sich mit Reviews, die ein erhöhtes Risiko für perforierte Stadien bei Männern und eine höhere Rate negativer Appendektomien bei Frauen dokumentieren (136–138).

Das Alter erwies sich ebenfalls als signifikanter Risikofaktor. Patienten mit komplizierter Appendizitis waren im Median älter als jene mit unkomplizierten Verläufen (Median 34 vs. 26 Jahre; $p < 0,001$). Systematische Auswertungen, wie die

WSES-bezogenen Leitlinienstudien an über 164 000 Patienten, zeigten, dass Patienten über 65 Jahren deutlich häufiger eine komplizierte Appendizitis entwickelten (Rate 18–70% vs. 3–29% bei unter 65-Jährigen) (119). Ebenso berichteten Bejarano et al. (2025), dass Patienten über 50 Jahren bei Appendizitis häufiger im fortgeschrittenen Stadium präsentiert werden (139). Neben Komorbiditäten spielen atypische klinische Verläufe und altersassoziierte Veränderungen der Immunantwort eine Rolle (140).

5.3 Komorbidität und Adipositas

Ein CCI ≥ 3 trat in unserer Kohorte signifikant häufiger bei komplizierter Appendizitis auf. Damit stimmen unsere Ergebnisse mit den Beobachtungen von Teixeira et al. (2012) überein, die den Charlson Comorbidity Index als unabhängigen Risikofaktor für eine perforierte Appendizitis identifizierten (141). Dieser Zusammenhang wird auch durch weitere Studien gestützt: Cimpean et al. (2022) konnten zeigen, dass ein höherer CCI signifikant mit komplizierten Appendizitisverläufen assoziiert war (142). Zudem wiesen Yeob et al. (2022) nach, dass ein CCI > 5 ein unabhängiger Prädiktor für die Mortalität bei akuter Appendizitis ist (143). Dies wurde in dieser Arbeit jedoch nicht untersucht.

Für den BMI zeigte sich in unserer Kohorte kein signifikanter Zusammenhang mit dem Schweregrad. Dies deckt sich mit den Daten von Al Sabr et al. (2024), die in einer Analyse aus einem tertiären Zentrum ebenfalls keinen Einfluss des BMIs auf den Verlauf oder die Behandlung von Appendizitiden nachweisen konnten (143). Auch internationale Studien stützen, dass Adipositas die Diagnostik erschweren kann, ohne jedoch als unabhängiger Risikofaktor für Komplikationen zu gelten (144).

5.4 Klinische Zeichen

Klassische klinische Zeichen wie Blumberg-, Lanz- oder McBurney-Zeichen waren bei komplizierten Verläufen signifikant häufiger positiv (z. B. Blumberg 54,4% vs. 35,3%; Lanz 79,6% vs. 67,4%; McBurney 91,9% vs. 85,8%; jeweils $p < 0,05$). Dennoch blieb ihre Diskriminationsfähigkeit mit AUC-Werten zwischen 0,53 und 0,60 nur knapp über Zufallsniveau. Auch die Literatur verdeutlicht diese Diskrepanz zwischen Häufigkeit und diagnostischem Wert: Lamture et al. (2017) zeigten in einer prospektiven Analyse von 418 Patienten für das Blumberg-Zeichen zwar eine sehr hohe Sensitivität (92%), jedoch eine geringe Spezifität (43%), mit einem positiven prädiktiven Wert von nur 5 % bei gleichzeitig hohem negativem prädiktiven Wert (99%) (145). In einer

Übersichtsarbeit berichten Rastogi et al. (2018) für das McBurney-Zeichen ähnlich moderate Kennzahlen (Sensitivität 83%, Spezifität 45%), wobei die Werte heterogen und nicht spezifisch für Appendizitis sind (146). Für das Lanz-Zeichen existieren kaum aussagekräftige Publikationen, die Sensitivität oder Spezifität quantifizieren – insbesondere nicht im Hinblick auf die Differenzierung komplizierter von unkomplizierter Appendizitis. Unsere eigenen Daten (79,6% vs. 67,4%) tragen daher einen wichtigen Beitrag zur Evidenzlage bei und unterstreichen die Notwendigkeit weiterer Studien in diesem Bereich. Briggs et al. (2023) verdeutlicht nicht nur die Heterogenität (147), sondern auch die eingeschränkte Reproduzierbarkeit zwischen Untersuchern bei Anwendung klinischer Zeichen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Yale et al. (2022), die ausdrücklich auf die geringe Standardisierung und Validität klassischer Zeichen hinweisen (149). Zudem unterstützen die klinischen Zeichen lediglich den Verdacht, sind jedoch keinesfalls pathognomisch was wir auch durch unsere Arbeit zeigen konnten.

5.5 Modifizierter Alvarado-Score

Der modifizierte Alvarado-Score (MAS) lag bei komplizierten Verläufen signifikant höher (Median 6 vs. 4) und erhöhte das Risiko pro Punkt um rund 35%. Seine AUC von 0,67 belegt jedoch die geringe klinische Aussagekraft. Ähnliche Ergebnisse berichten Yesilalioglu et al. (2023), die ebenfalls nur AUC-Werte von 0,67–0,70 aufwiesen und damit die klinische Unzulänglichkeit des MAS für die Schweregradbestimmung betonten (149). Auch De Castro et al. (2012) und Haak et al. (2022) stufen den Score als ungeeignet zur Unterscheidung des Schweregrades ein (150,151). Einen deutlichen methodischen Fortschritt stellt der NoCtApp-Score von Strohäker et al. dar (152). Dieser basiert auf klinischen und laborchemischen Routineparametern, wurde multivariat gewichtet und erreichte mit einer AUC von 0,86 eine deutlich bessere Diskriminationsfähigkeit. Besonders relevant sind die hohe Spezifität (92%) und der negative prädiktive Wert von 95,8% bei niedrigem Score, wodurch Patienten mit hoher Wahrscheinlichkeit als unkompliziert identifiziert werden können. Der MAS wurde in das Modell bewusst nicht integriert, da er keine zusätzliche unabhängige Aussagekraft bot (152). Damit zeigt sich klar, dass klassische Summenscores wie der MAS modernen multivariaten Modellen unterlegen sind.

5.6 Laborparameter

In unserer Kohorte waren sowohl CRP- als auch Leukozytenwerte bei komplizierter Appendizitis signifikant erhöht. Während CRP nur eine moderate Diskriminationsleistung zeigte (AUC um 0,68), bestätigte sich dieser Befund auch in anderen Studien: Yesilalioglu et al. (2023) und Talabi et al. (2021) berichteten ähnliche Werte (149,153), Fujiwara et al. (2021) konnte durch definierte Cut-offs (≥ 50 –150 mg/l) zwar bessere AUCs bis 0,84 und steigende positive prädiktive Werte erreichen, allerdings um den Preis eingeschränkter Generalisierbarkeit (154).

Die Leukozytenzahl erwiesen sich dagegen konsistenter als Marker. Sowohl in unserer Analyse (AUC 0,657) als auch in den Studien von Li et al. (2020) und Yesilalioglu et al. (2023) (AUCs um 0,70) zeigte sich ein stabiler Zusammenhang mit komplizierten Verläufen (63) (149). Atema et al. (2015) verdeutlichten zudem die zeitliche Dynamik: In der Frühphase der Symptome sind Leukozyten hochsensitiv, bei längerer Dauer nimmt ihre Aussagekraft deutlich ab (88). In unserer Kohorte betrug die mediane Symptombdauer 24 h ohne signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p = 0,285$), sodass dieser Effekt in unserem Patientenkollektiv vermutlich nur eingeschränkt zum Tragen kam. Entscheidend ist, dass in unserer multivariaten Analyse allein die Leukozyten als unabhängiger Laborparameter bestehen blieben (OR 1,121; 95 %-KI 1,099–1,143), während CRP seine Signifikanz verlor.

Procalcitonin (PCT) zeigte in einzelnen Studien (Li et al. 2020; Yamashita et al. 2016) hohe AUC-Werte (0,83–0,98), blieb jedoch aufgrund kleiner Fallzahlen und stark variierender Cut-offs unsicher (63) (157) (158). Auch in unserer Kohorte war die Fallzahl zu gering, um eine belastbare Aussage zu treffen.

5.7 Multivariate Analyse & Zukunftsperspektiven

Die multivariate Analyse bestätigte Geschlecht, Alter, MAS und Leukozyten als unabhängige Prädiktoren. Das Modell erklärte jedoch nur 6–8% der Varianz, womit trotz statistischer Signifikanz keine praxistaugliche prädiktive Sicherheit erreicht wurde. Damit zeigt sich deutlich, dass die untersuchten Parameter zwar statistische Unterschiede widerspiegeln, in der klinischen Entscheidungsfindung jedoch nicht genügen. Diese diagnostische Unsicherheit ist von hoher klinischer Relevanz: APPAC- und CODA-Studien konnten zum Beispiel zeigen, dass eine antibiotische Therapie bei definierter unkomplizierter Appendizitis nicht schlechter als die Operation sei

(159,160). Voraussetzung hierfür wäre jedoch eine verlässliche präoperative Abgrenzung – eine Bedingung, die durch die in dieser Arbeit untersuchten Marker nicht erfüllt wird.

Neue Entwicklungen verdeutlichen, dass multivariate und technologiegestützte Verfahren überlegen sind. Der NoCtApp-Score (Strohäker 2023) und der SAS 2.0 (Scheijmans 2024) zeigen, dass klinische und laborchemische Variablen in optimierter Gewichtung eine deutlich höhere Vorhersagegenauigkeit ermöglichen (152,161,162). Noch weiter gehen bildgebungsbasierte KI-Ansätze: Kim et al. (2025) konnten mit einem 3D-CNN unkomplizierte und komplizierte Appendizitiden anhand von CT-Daten mit einer AUC von 0,87 differenzieren (162). Multimodale Modelle wie jene von Bolmers et al. (2022) und Tayebi et al. (2024) erreichten Sensitivitäten bis 94 % und verdeutlichen das Potenzial integrativer Diagnostik (164,165).

5.8 Limitationen

Diese Untersuchung basiert auf retrospektiven Daten aus ca. 4% deutscher chirurgischer Kliniken, die eine ständige Notfallversorgung auch während der COVID-19-Pandemie gewährleisten mussten. Die eingeschlossenen Kliniken sind daher nicht vollständig repräsentativ, was die externe Validität einschränkt. Eine weitere wesentliche Limitation ist die ungleiche Fallverteilung: komplizierte Appendizitiden waren deutlich überrepräsentiert, da ausschließlich operierte Patienten eingeschlossen und konservativ behandelte Fälle sowie alternative Pathologien ausgeschlossen wurden („attrition bias“).

Zudem umfasst die Analyse einen begrenzten Zeitraum zu Beginn der Pandemie, in dem verspätete Arztkontakte die Häufigkeit komplizierter Verläufe erhöhten. Mögliche Confounder wie Alter, Geschlecht, BMI, ASA und CCI wurden zwar erfasst, eine vollständige Adjustierung bleibt aber limitiert. Aufgrund des retrospektiven Designs besteht die Gefahr von Selection- und Information-Bias. Die Gruppe der negativ appendektomierten Patienten wurde nicht in die Hauptanalyse aufgenommen, sondern nur deskriptiv ausgewertet.

Abschließend ist festzuhalten, dass die Daten dieser Arbeit nur einer internen und keiner externen Validierung unterliegen.

5.9 Fazit & Ausblick

Die Bildgebung, insbesondere die Sonografie, nimmt in der Diagnostik einen wachsenden Stellenwert ein. Ihre Aussagekraft hängt jedoch stark von der Erfahrung des Untersuchers ab (29), was standardisierte Protokolle künftig reduzieren sollen. Neuere Scores integrieren Bildgebung und klinische Parameter und genießen unter Experten bereits höheres Vertrauen (66,89). Zusätzlich könnten neue Laborparameter wie NLR und Fibrinogen helfen, das Schweregradrisiko präziser einzuschätzen (165,166).

Die konservative Therapie rückt zunehmend in den Fokus. Die Appendektomie bleibt jedoch aktuell weiter der Goldstandard (104,168), sollte aber bei geeigneten Patienten individuell abgewogen und evaluiert werden.

Unklar bleibt, ob konservative Strategien chronisch-rezidivierende Verläufe oder kanzerogene Prozesse begünstigen. Studien zeigen, dass bei konservativ therapierten komplizierten Appendizitiden – insbesondere mit Abszess – in bis zu 28% Appendixneoplasien nachgewiesen wurden, im Vergleich zu nur 1-2% nach primärer Appendektomie (141,168). Bei Patienten über 40 Jahren ist das Risiko erhöht (169,170), sodass in dieser Gruppe eine Intervall-Appendektomie auch zur histopathologischen Abklärung sinnvoll erscheint.

6 Zusammenfassung

6.1 Deutsch

6.1.1 Einleitung

Die präoperative Unterscheidung zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis ist klinisch bedeutsam, da konservative Therapiekonzepte zunehmend diskutiert werden. Bisher fehlen jedoch verlässliche Parameter zur sicheren Differenzierung (1).

6.1.2 Methoden

In einer multizentrischen, retrospektiven Kohortenstudie wurden 1.909 operierte Patienten mit akuter Appendizitis aus 41 deutschen Kliniken während der Covid-19 Pandemie analysiert. Negative Appendektomien wurden deskriptiv ausgewertet. Der Fokus lag auf klinischen Zeichen, Laborwerten und etablierte Scores. Die statistische

Analyse umfasste univariate Tests, ROC-Analysen und multivariable logistische Regression.

6.1.3 Ergebnisse

Von den eingeschlossenen Patienten hatten 33,2 % eine unkomplizierte und 61,1 % eine komplizierte Appendizitis. Komplizierte Verläufe wurden häufiger bei Männern, älteren sowie multimorbiden Patienten beobachtet. Klassische klinische Zeichen wie das Blumberg-, Lanz- oder McBurney-Zeichen waren bei komplizierter Appendizitis zwar häufiger positiv, erreichten jedoch nur geringe Diskriminationswerte (AUC 0,53–0,60). Der Modified Alvarado Score lag bei komplizierten Verläufen höher (OR 1,35 pro Punkt) und wies eine AUC von 0,67 auf. Die Leukozytenzahl (OR 1,12; AUC 0,66) und das CRP (OR 1,004; AUC 0,68) zeigten ebenfalls signifikant höhere Werte bei komplizierten Fällen, allerdings mit begrenzter Trennschärfe. Procalcitonin erreichte in der Subgruppe eine AUC von 0,74, konnte aufgrund der geringen Fallzahl (n = 77) jedoch nicht weiter abgesichert werden. In der multivariablen Analyse bestätigten sich Geschlecht, Alter, Leukozytenzahl und der Modified Alvarado Score als unabhängige Prädiktoren; die erklärte Varianz des Modells blieb jedoch insgesamt gering.

6.1.4 Schlussfolgerung

Weder klinische Zeichen noch Laborwerte oder etablierte Scores ermöglichen eine zuverlässige präoperative Differenzierung zwischen unkomplizierter und komplizierter Appendizitis. Damit sind sie für therapeutische Entscheidungen allein nicht ausreichend. Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit integrativer diagnostischer Ansätze, die Bildgebung und klinische Befunde zu kombinieren.

6.2 English

6.2.1 Introduction

Differentiating uncomplicated from complicated appendicitis before surgery is clinically relevant, as conservative treatment options are increasingly considered. However, reliable diagnostic markers are still lacking(1).

6.2.2 Methods

In a multicenter, retrospective cohort study, 1,909 patients who underwent surgery for acute appendicitis across 41 German hospitals during the COVID-19 pandemic were analyzed. Negative appendectomies were evaluated descriptively. The focus was placed on clinical signs, laboratory values, and established clinical scores. Statistical analyses included univariate testing, ROC curve analyses, and multivariable logistic regression.

6.2.3 Results

Among the included patients, 33.2% presented with uncomplicated and 61.1% with complicated appendicitis. Complicated cases occurred more frequently in male, older, and multimorbid patients. Classical clinical signs such as Blumberg's, Lanz's, or McBurney's sign were more often positive in complicated disease but demonstrated only limited discriminatory capacity (AUC 0.53–0.60). The Modified Alvarado Score was significantly higher in complicated cases (OR 1.35 per point) with an AUC of 0.67. Leukocyte count (OR 1.12; AUC 0.66) and CRP (OR 1.004; AUC 0.68) were also elevated in complicated cases, although their diagnostic performance remained modest. Procalcitonin yielded an AUC of 0.74 in the subgroup analysis but could not be reliably assessed due to the small sample size ($n = 77$). In multivariable logistic regression, sex, age, leukocyte count, and the Modified Alvarado Score emerged as independent predictors, although the overall explanatory power of the model remained limited.

6.2.4 Conclusion

Neither clinical signs, nor laboratory parameters, nor established scoring systems provide sufficient accuracy for reliable preoperative differentiation between uncomplicated and complicated appendicitis. These findings highlight the need for integrative diagnostic approaches combining imaging, clinical assessment, and advanced algorithm-based tools.

7 Anhang

7.1 Tabellen & Abbildungen

	Universitätsklinik		Maximalvers.		Schwerpunktvers.		Grund-&R.vers.	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Neg.App.	27	4,5	23	7,0	52	6,8	8	3,8
Unkompl. App.	170	28,1	155	47,4	254	33,2	54	25,4
Kompl. App.	407	67,4	149	45,6	459	60,0	151	70,9
Gesamt	604	100,0	327	100,0	765	100,0	213	100,0
Fehlend	4		0		1		1	
	608		327		766		214	

Tabelle 8: Art der Kliniken aufgeteilt auf Schweregrad der Appendizitiden(abs.&rel. Häufigkeiten).

Jahr	Negative Appendektomie		Unkomplizierte Appendizitis		Komplizierte Appendizitis		Gesamt
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
2019	69	6,7	359	35,0	597	58,2	1025
2020	41	4,6	274	31,0	569	64,4	884
Gesamt	110	5,8	633	33,2	1166	61,1	1909

Tabelle 9: Schweregrad der Appendizitiden aufgeteilt auf 2019 und 2020(abs.&rel. Häufigkeiten, $p = 0,012$).

Verteilung der Appendizitis-Diagnosen 2019-2020

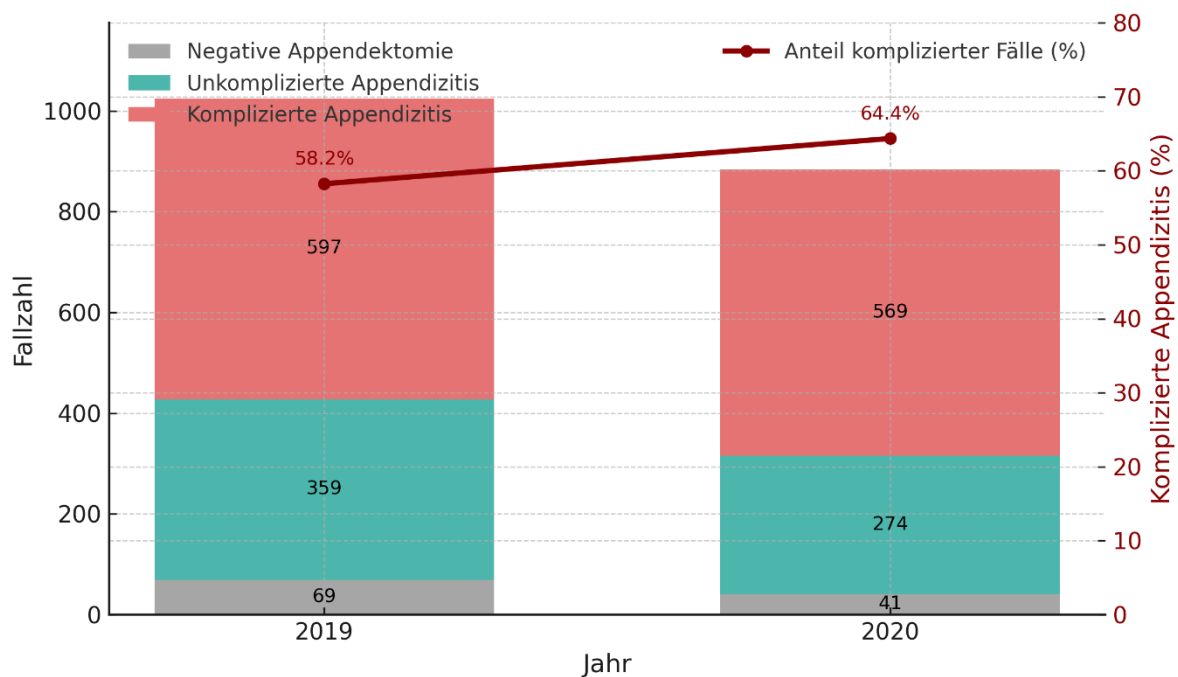


Diagramm 7: Verteilung der Fälle auf Jahre nach Schweregrad der Appendizitis (absolute Häufigkeit, relative Häufigkeit von komplizierten Fällen).

	2019		2020		Gesamt	
Geschlecht	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
M	510	49,7	468	52,7	978	51.1
W	517	50,3	420	47,3	937	48.9
Gesamt	1027	100,0	888	100,0	1915	100,0

Tabelle 10: 2019 und 2020 aufgeteilt auf Geschlecht(abs.&rel. Häufigkeiten, $p = 0,184$).

Ja hr	Grund- /Regelver sorger		Maximalve rsorger		Schwerpunkt versorger		Universitä tsklinik	
	Anzahl	Proz ent	Anzahl	Proz ent	Anzahl	Proz ent	Anzahl	Proz ent
20 19	107	10.4	170	16.6	423	41.2	327	31.8
20 20	107	12.0	157	17.7	343	38.6	281	31.6

Tabelle 11: Verteilung der Kliniktypen nach Jahr(abs.&rel. Häufigkeiten, $p = 0.517$).

	Unkomplizierte Appendizitis		Komplizierte Appendizitis	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Keine Adipositas	486	86,9	843	82,6
Adipositas	73	13,1	178	17,4
Gesamt	559	100,0	1021	100,0

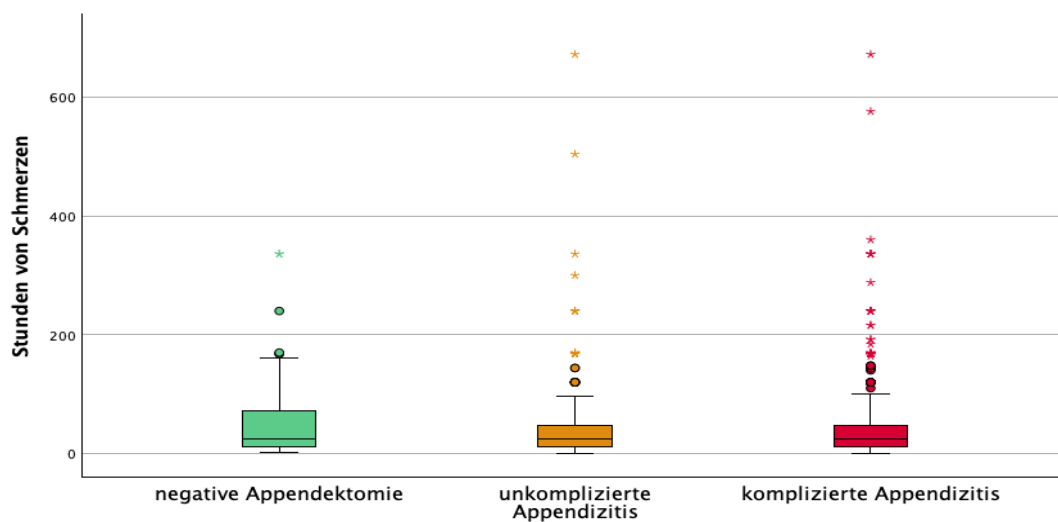
Tabelle 12: Verteilung von Adipositas nach Schweregrad der Appendizitis(abs.&rel.Häufigkeit, $p = 0,028$).

	Unkomplizierte Appendizitis		Komplizierte Appendizitis	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
CCI 0	551	90,0	890	80,2
CCI 1–2	48	7,8	140	12,6
CCI 3–4	10	1,6	46	4,1
CCI ≥ 5	3	0,5	34	3,1
Gesamt	612	100,0	1112	100,0
Fehlend	21		54	
Gesamt inkl. Fehlend	633		1166	

Tabelle 13: CCI bei akut unkomplizierter Appendizitis vs akut komplizierter Appendizitis(abs.&rel.Häufigkeit, $U = 305\ 039,5$; $Z = -5,526$; $p < 0,001$).

Symptombdauer (h)	Neg. App.	Unkompl. Appendizitis	Kompl. Appendizitis
Median [IQR]	24,00 [12.00 – 72.00]	24,00 [12.00 – 60.00]	24,00 [12.00 – 48.00]
Mittelwert	49,20	36,56	38,88
Std.-Dev.	61,032	50,876	49,742
Modus	24	24	24

Tabelle 14 Symptombdauer Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus von allen Diagnosegruppen.



Boxplot 2 Anzahl der Stunden mit Schmerzen.

Symptombdauer	Schweregrade	Neg. App.	Unk. App.	Kompl. App.	Gesamt
bis zu 24 h	Anzahl	59	401	704	1164
	Prozent	55,7	65,7	61,9	62,8
über/gleich 24 h	Anzahl	47	209	433	689
	Prozent	44,3	34,3	38,1	37,2

Gesamt (24h)	Anzahl	106	610	1137	1853
	Prozent	100,0	100,0	100,0	100,0
bis 48 h	Anzahl	63	421	779	1263
	Prozent	59,4	69,0	68,5	68,2
ab 48 h	Anzahl	43	189	358	590
	Prozent	40,6	31,0	31,5	31,8
Gesamt (48h)	Anzahl	106	610	1137	1853
	Prozent	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 15: Symptomdauer bis zur Erstvorstellung (<24h, ≥ 24h) & (<48h, ≥ 48h)(abs.&rel. Häufigkeiten).

	Negative Append.		Unkompl. Appendizitis		Kompl. Appendizitis	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Intervall	31	28,2	153	24,2	193	16,6
Direkt	79	71,8	480	75,8	971	83,4
Gesamt	110	100,0	633	100,0	1174	100,0

Tabelle 16: OP-Zeitpunkt – Intervall- versus direkte Operation nach Diagnosegruppe (abs.&rel.Häufigkeit).

VAS	Negative Append.	Unkompl. Appendizitis	Kompl. Appendizitis
Median [IQR]	0 [0–5]	2 [0–5]	1 [0–5]
Mittelwert	2,29	2,60	2,82
Std.-Dev.	2,752	2,895	3,108
Modus	0	0	0

Tabelle 17: VAS Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus von allen Diagnosegruppen.

VAS	Negative Append.		Unkompl. Append.		Kompl. Append	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
0-4	59	64.1	312	58.8	552	56.3
4-6	17	18.5	119	22.4	186	19.0
6-10	16	17.3	100	18.8	241	24.6

Tabelle 18: Verteilung der VAS-Werte nach Diagnosegruppe(abs.&rel.Häufigkeit).

Befund	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit (%)	Gültige Fälle (n)
Peritonitis	759	65,5	1159
Abszess	225	19,4	1159
Perforation	446	38,5	1158
Gesamt (komplizierte Appendizitiden)	1166	100,0	1166

Tabelle 19: Komplizierte Appendizitis aufgeteilt nach Peritonitis, Abszess, Perforation (abs.&rel. Häufigkeit)

	Perforation +	Perforation -	Gesamt
Peritonitis +	350 (46.6%)	401 (53.4%)	751 (100%)
Peritonitis -	96 (24.0%)	304 (76.0%)	400 (100%)
Gesamt	446 (38.7%)	705 (61.3%)	1151 (100%)

Tabelle 20: Peritonitis vs. Perforation bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 2,76 (2,11–3,62), $p < 0,001$).

	Peritonitis +	Peritonitis -	Gesamt
Abszess +	151 (67.1%)	74 (32.9%)	225 (100%)
Abszess -	608 (65.1%)	326 (34.9%)	934 (100%)
Gesamt	759 (65.5%)	400 (34.5%)	1159 (100%)

Tabelle 21: Abszess vs. Peritonitis bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 1,09 (0,80–1,49), $p = 0,585$).

	Perforation +	Perforation -	Gesamt
Abszess +	154 (67.8%)	73 (32.2%)	227 (100%)
Abszess -	296 (31.8%)	635 (68.2%)	931 (100%)
Gesamt	450 (38.9%)	708 (61.1%)	1158 (100%)

Tabelle 22: Abszess vs. Perforation bei komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit, OR (95%-KI) = 4,53 (3,32–6,18), $p < 0,001$).

ASA	Negative App.	Prozent	Unkomplizierte App.	Prozent	Komplizierte App.	Prozent
1	64	59,8	371	59,6	557	49,2
2	39	36,4	225	36,2	436	38,5
3	3	2,8	24	3,9	127	11,2
4	1	0,9	2	0,3	13	1,1
Gesamt	107	100,0	622	100,0	1133	100,0
Median [IQR]	1 [1–2]	-	1 [1–2]	-	2 [1–2]	-
Mittelwert (STD)	1.45 (0.60)	-	1.45 (0.59)	-	1.64 (0.72)	-
Modus	1	-	1	-	1	-

Tabelle 23: ASA bei neg. Appendektomien, unkompl. und kompl. Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), Median(IQR), Mittelwerte(STD), Modus.

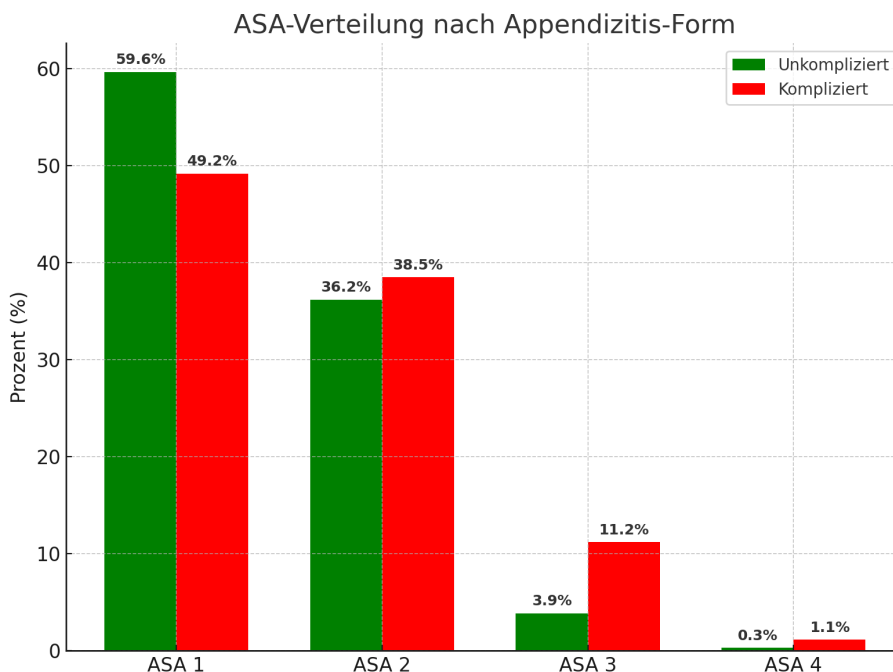


Diagramm 8: Vergleich der relativen Häufigkeiten (%) zwischen unkomplizierter (grün) und komplizierter (rot) Appendizitis über die ASA-Klassen 1–4.

Blumberg	Unkompliziert (n=564)	Kompliziert (n=1016)
Negativ	365 (64.7%)	463 (45.6%)
Positiv	199 (35.3%)	553 (54.4%)
Gesamt	564 (100%)	1016 (100%)
Statistik	Phi-Koeffizient = 0.184 (klein bis mittel); OR = 2.19 (95%-KI 1.77–2.71); LR+ = 1.54; LR- = 0.70	

Tabelle 24: Blumberg Zeichen bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.

Lanz	Unkompliziert (n=579)	Kompliziert (n=1059)
Negativ	189 (32.6%)	216 (20.4%)
Positiv	390 (67.4%)	843 (79.6%)
Gesamt	579 (100%)	1059 (100%)
Statistik	Phi-Koeffizient = 0.136 (klein bis mittel); OR = 1.89 (95%-KI 1.50–2.38); LR+ = 1.18; LR- = 0.62	

Tabelle 25: Lanz Punkt bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.

McBurney	Unkompliziert (n=627)	Kompliziert (n=1132)
Negativ	89 (14.2%)	92 (8.1%)
Positiv	538 (85.8%)	1040 (91.9%)
Gesamt	627 (100%)	1132 (100%)
Statistik	Phi-Koeffizient = 0.096 (klein); OR = 1.87 (95%-KI 1.37–2.55); LR+ = 1.07; LR- = 0.57	

Tabelle 26: McBurney Punkt bei unkomplizierter vs. komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit), statistische Werte.

	Unkompl. Appendizitis		Kompl. Appendizitis	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Score 1–3 'unlikely'	205	32.4	178	17.0
Score 4–6 'compatible'	267	42.2	503	48.2
Score 7–8 'probable'	77	12.2	273	26.1
Score 9 'very probable'	10	1.6	90	8.6

Tabelle 27: mod. Alvarado Score bei unkomplizierter und komplizierter Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit).

Mod. Alvarado Score	Unkomplizierte Appendizitis	Komplizierte Appendizitis
Gesamtanzahl	574	1050
Mittelwert (SD)	4.23 (2.10)	5.55 (2.08)
Median [IQR]	4 [3–6]	6 [4–7]
Modus	3	6

Tabelle 28: mod. Alvarado Score Mittelwert, Std.-Dev., Median(IQR), Modus.

Procalcitonin	Unkomplizierte Appendizitis	Komplizierte Appendizitis	Gesamt
Gesamt (n)	633	1166	1799

Gültig (n, %)	22 (3,5 %)	55 (4,7 %)	77 (4,3 %)
Fehlend (n, %)	611 (96,5 %)	1111 (95,3 %)	1722 (95,7 %)

Tabelle 29 Anzahl Procalcitonin bei unkompl. vs kompl. Appendizitis (abs.&rel. Häufigkeit).

Variable	Regressions- koeffizient B	Standard -fehler	Wald	Sig.	OR	95% KI Untere r Wert	95% KI Obere r Wert
Jahre 2019 oder 2020	-0,013	0,153	0,007	0,93 4	0,98 7	0,731	1,333
Art der Klinik	-0,050	0,077	0,412	0,52 1	0,95 2	0,818	1,107
Geschlecht	-0,864	0,188	21,20 9	<,00 1	0,42 1	0,292	0,609
Alter in Jahren	0,036	0,006	34,09 5	<,00 1	1,03 7	1,024	1,049
Größe in cm	0,012	0,018	0,481	0,48 8	1,01 2	0,978	1,048
Gewicht in kg	-0,025	0,026	0,937	0,33 3	0,97 5	0,926	1,026
BMI	0,039	0,075	0,273	0,60 2	1,04 0	0,897	1,206
Adipositas	0,592	0,360	2,698	0,10 0	1,80 7	0,892	3,660
Diabetes mellitus	-0,208	0,483	0,185	0,66 7	0,81 2	0,315	2,094
ASA	-0,136	0,149	0,839	0,36 0	0,87 2	0,652	1,168
CCI	-0,131	0,083	2,500	0,11 4	0,87 7	0,746	1,032
Stunden	-0,003	0,002	3,589	0,05 8	0,99 7	0,994	1,000
VAS	-0,020	0,027	0,543	0,46 1	0,98 0	0,930	1,033
MASS	0,194	0,047	16,88 2	<,00 1	1,21 4	1,107	1,331
Blumberg	0,247	0,180	1,892	0,16 9	1,28 1	0,900	1,822
Lanz	-0,022	0,208	0,012	0,91 4	0,97 8	0,651	1,469
McBurney	-0,293	0,269	1,194	0,27 5	0,74 6	0,440	1,262
Leukozytenwe rt	0,112	0,020	30,31 6	<,00 1	1,11 9	1,075	1,165
C-reaktives Protein	0,001	0,001	0,404	0,52 5	1,00 1	0,998	1,003

Tabelle 30: multiple log. Regressionstabelle von verschiedenen Variabe

7.2 Literaturverzeichnis

1. Andric M, Kalff JC, Schwenk W, Farkas S, Hartwig W, Türler A, u. a. Empfehlungen zur Therapie der akuten Appendizitis: Empfehlungen einer Expertengruppe vor dem Hintergrund der aktuellen Literatur. *Chir.* September 2020;91(9):700–11.
2. De Coppi P, Pozzobon M, Piccoli M, Vittoria Gazzola M, Boldrin L, Slanzi E, u. a. Isolation of Mesenchymal Stem Cells From Human Vermiform Appendix. *J Surg Res.* September 2006;135(1):85–91.
3. Randal Bollinger R, Barbas AS, Bush EL, Lin SS, Parker W. Biofilms in the large bowel suggest an apparent function of the human vermiform appendix. *J Theor Biol.* Dezember 2007;249(4):826–31.
4. Reifferscheid M, Weller S, Bilow H, Brammer R. *Chirurgie. 8., neubearb. und erw. Aufl.* Stuttgart New York: Thieme; 1989. 962 S. (Flexibles Taschenbuch Med).
5. Hauser H, Buhr HJ, Mischinger HJ, Herausgeber. *Akutes Abdomen: Diagnose - Differenzialdiagnose - Erstversorgung - Therapie.* Wien: Springer; 2016. 559 S.
6. Statisches Bundesamt. Statistisches Bundesamt (Destatis) | 2024. Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller.
7. Gehring A, Schneider-Koriath S, Förster S, Ludwig K. Akute Appendizitis. *Allg Visz Up2date.* 21. Oktober 2014;8(05):343–54.
8. Sahm M, Koch A, Schmidt U, Wolff S, Pross M, Gastinger I, u. a. Akute Appendizitis - Klinische Versorgungsforschung zur aktuellen chirurgischen Therapie. *Zentralblatt Für Chir - Z Für Allg Visz Thorax- Gefäßchirurgie.* 16. März 2012;138(03):270–7.
9. Häufigste Operationen in Krankenhäusern. 3. April 2024;
10. Häufigste Operationen in Krankenhäusern. 26. September 2023;
11. Shepherd J. ACUTE APPENDICITIS ' . A HISTORICAL SURVEY. *The Lancet.* August 1954;264(6833):299–302.
12. Williams GR. Presidential Address: A History of Appendicitis: With Anecdotes Illustrating Its Importance. *Ann Surg.* Mai 1983;197(5):495–506.
13. Bhattacharya K. Kurt Semm: A laparoscopic crusader. *J Minimal Access Surg.* 2007;3(1):35.
14. Litynski GS. Laparoscopy between the world wars: the barriers to trans-atlantic exchange. Spotlighting Heinz Kalk and John C. Ruddock. *JSLs.* 1997;1(2):185–8.
15. McBURNEY C. THE INCISION MADE IN THE ABDOMINAL WALL IN CASES OF APPENDICITIS, WITH A DESCRIPTION OF A NEW METHOD OF OPERATING: *Ann Surg.* Juli 1894;20:38–43.
16. Sartelli M, Baiocchi GL, Di Saverio S, Ferrara F, Labricciosa FM, Ansaloni L, u. a. Prospective Observational Study on acute Appendicitis Worldwide (POSAW). *World J Emerg Surg.* Dezember 2018;13(1):19.
17. Gorter RR, Eker HH, Gorter-Stam MAW, Abis GSA, Acharya A, Ankersmit M, u. a. Diagnosis and management of acute appendicitis. EAES consensus development conference 2015. *Surg Endosc.* November 2016;30(11):4668–90.
18. Silva CDP, Ortolan EVP, Ribeiro SM, Tedesco BAN, Terra SA, Rodrigues MAM, u. a. Agreement between histopathological and intraoperative classifications for pediatric appendicitis and its relationship with the post-operative clinical outcome. *Front Pediatr [Internet].* 3. August 2022 [zitiert 18. Juli 2025];10. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2022.908226/full>
19. Yesilalioglu S, Az A, Sogut O, Ergenc H, Demirel I. Systemic inflammatory markers for distinguishing uncomplicated and complicated acute appendicitis in adult patients. *North Clin Istanbul.* 2023;10(4):507–13.

20. Zielke A. Appendizitis Moderne Diagnostik: Moderne Diagnostik. Chir. August 2002;73(8):782–90.
21. Deshmukh S, Verde F, Johnson PT, Fishman EK, Macura KJ. Anatomical variants and pathologies of the vermiform appendix. *Emerg Radiol.* Oktober 2014;21(5):543–52.
22. Christ B, Herausgeber. *Anatomie. 1: Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungslehre, Skelett- und Muskelsystem, Atemsystem, Verdauungssystem, Harn- und Genitalsystem / [unter Mitarb. von B. Christ]. 17., durchges. Aufl. München Jena: Elsevier, Urban & Fischer; 2008. 956 S.*
23. Eva Rudolf-Müller. Wurmfortsatz [Internet]. 2022. Verfügbar unter: <https://www.netdokter.de/anatomie/wurmfortsatz/>
24. Chang ST, Jeffrey RB, Olcott EW. Three-Step Sequential Positioning Algorithm During Sonographic Evaluation for Appendicitis Increases Appendiceal Visualization Rate and Reduces CT Use. *Am J Roentgenol.* November 2014;203(5):1006–12.
25. Vitali Gorennoi, Charalabos-Markos Dintsiou, Matthias P. Schönermark, Anja Hagen. Laparoskopische vs. offene Appendektomie [Internet] [Systematische Übersicht zur medizinischen Wirksamkeit und gesundheitsökonomische Analyse]. [zitiert 2. Juli 2024]. Verfügbar unter: https://portal.dimdi.de/de/hta/hta_berichte/hta148_bericht_de.pdf
26. Mörbe UM, Jørgensen PB, Fenton TM, Von Burg N, Riis LB, Spencer J, u. a. Human gut-associated lymphoid tissues (GALT); diversity, structure, and function. *Mucosal Immunol.* Juli 2021;14(4):793–802.
27. Lüllmann-Rauch R, Asan E. Taschenlehrbuch Histologie. 6., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart New York: George Thieme Verlag; 2019. 781 S.
28. Humes D, Speake WJ, Simpson J. Appendicitis. *BMJ Clin Evid.* 1. Juli 2007;2007:0408.
29. Soffer, Shiry Zait, Joseph Klausner D. Peritoneal Cultures and Antibiotic Treatment in Patients with Perforated Appendicitis. *Eur J Surg.* 1. März 2001;167(3):214–6.
30. Larner AJ. The aetiology of appendicitis. *Br J Hosp Med.* Juni 1988;39(6):540–2.
31. Liang MK, Andersson RE, Jaffe BM, Berger DH. The Appendix. In: Brunnicardi F, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Hunter JG, Matthews JB, Pollock RE. eds. McGraw-Hill Education; 2015. *Schwartz's Principles of Surgery, 10e.* Verfügbar unter: <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=980§ionid=59610872>
32. Rentea RM, Peter SD, Snyder CL. Pediatric appendicitis: state of the art review. *Pediatr Surg Int.* März 2017;33(3):269–83.
33. Becker P, Fichtner-Feigl S, Schilling D. Clinical Management of Appendicitis. *Visc Med.* 2018;34(6):453–8.
34. Livingston EH, Woodward WA, Sarosi GA, Haley RW. Disconnect Between Incidence of Nonperforated and Perforated Appendicitis: Implications for Pathophysiology and Management. *Ann Surg.* Juni 2007;245(6):886–92.
35. Schädlich D. Untersuchung der Abhängigkeit histopathologischer Befunde von zeitlichen Parametern bei der akuten Appendizitis im Kindesalter [Internet]. [object Object]; 2019 [zitiert 3. April 2024]. S. 81. Verfügbar unter: <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/23979>
36. Anderson JE, Bickler SW, Chang DC, Talamini MA. Examining a Common Disease with Unknown Etiology: Trends in Epidemiology and Surgical Management of Appendicitis in California, 1995–2009. *World J Surg.* Dezember 2012;36(12):2787–94.
37. Ferris M, Quan S, Kaplan BS, Molodecky N, Ball CG, Chernoff GW, u. a. The Global Incidence of Appendicitis: A Systematic Review of Population-based Studies. *Ann Surg.* August 2017;266(2):237–41.
38. Körner H, Söndena K, Söreide JA, Andersen E, Nysted A, Lende TH, u. a. Incidence of Acute Nonperforated and Perforated Appendicitis: Age-specific and Sex-specific Analysis. *World J Surg.* März 1997;21(3):313–7.

39. Chandrasegaram MD, Rothwell LA, An EI, Miller RJ. Pathologies of the appendix: a 10-year review of 4670 appendectomy specimens. *ANZ J Surg.* November 2012;82(11):844–7.
40. Stöß C, Nitsche U, Neumann PA, Kehl V, Wilhelm D, Busse R, u. a. Acute Appendicitis: Trends in Surgical Treatment. *Dtsch Ärztebl Int* [Internet]. 9. April 2021 [zitiert 3. April 2024]; Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.m2021.0118>
41. Rolle, Udo & Maneck, Matthias. Versorgungstrends, regionale Variation und Qualität der Versorgung bei Appendektomien.
42. Téoule P, De Laffolie J, Rolle U, Reißfelder C. Acute Appendicitis in Childhood and Adulthood: An Everyday Clinical Challenge. *Dtsch Ärztebl Int* [Internet]. 6. November 2020 [zitiert 3. April 2024]; Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2020.0764>
43. Kreis ME, Bartsch DK, Lang H, Herausgeber. *Viszeral- und Allgemeinchirurgie. living reference work.* Berlin Heidelberg: Springer; 2023. (Springer Reference Medizin).
44. Kellner U, Frahm SO, Mawrin C, Krams M, Schüller S. *Kurzlehrbuch Pathologie* [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019 [zitiert 3. April 2024]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-007-167433>
45. Hanns A, Herausgeber. *Allex - Alles fürs Examen: Das* [Internet]. 2. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2014 [zitiert 3. April 2024]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-003-125875>
46. Schmalbach IL. Appendix vermiformis. In: Schwarz NT, Herausgeber. *Allgemein- und Viszeralchirurgie essentials* [Internet]. 8., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 23. Mai 2022]. S. 171–80. Verfügbar unter: https://eref.thieme.de/ebooks/1894887#/ebook_1894887_SL73911448
47. Amboss [Internet]. 2024. Appendizitis. Verfügbar unter: <https://next.amboss.com/de/article/a30QSF>
48. Böcker W, Denk H, Heitz PU, Höfler G, Kreipe HH, Moch H, Herausgeber. *Pathologie: mit rund 150 Tabellen ; [Plus im Web, mediscript].* 5., vollständig überarbeitete Auflage. München: Elsevier, Urban & Fischer; 2012. 1064 S.
49. Melanie Kaucevic. *Korrelation pathomorphologischer Appendizitisbefunde mit anamnestischen und klinischen Befunden* [Internet] [Dissertation]. [Bochum]: Ruhr-Universität Bochum, Universitätsbibliothek; 2010 [zitiert 4. April 2024]. Verfügbar unter: <https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/year/2018/docId/2299>
50. Savrin RA, Clausen K, Martin EW, Cooperman M. Chronic and recurrent appendicitis. *Am J Surg.* März 1979;137(3):355–7.
51. Giuliano V, Giuliano C, Pinto F, Scaglione M. Chronic appendicitis “syndrome” manifested by an appendicolith and thickened appendix presenting as chronic right lower abdominal pain in adults. *Emerg Radiol.* März 2006;12(3):96–8.
52. Mussack T, Schmidbauer S, Nerlich A, Schmidt W, Hallfeldt KK. Die chronische Appendizitis als eigenständige klinische Entität. *Chir.* Juli 2002;73(7):710–5.
53. Yu CW, Juan LI, Wu MH, Shen CJ, Wu JY, Lee CC. Systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of procalcitonin, C-reactive protein and white blood cell count for suspected acute appendicitis. *Br J Surg.* 8. Januar 2013;100(3):322–9.
54. Kharbanda AB, Taylor GA, Fishman SJ, Bachur RG. A Clinical Decision Rule to Identify Children at Low Risk for Appendicitis. *Pediatrics.* 1. September 2005;116(3):709–16.
55. Kang K, Kim WJ, Kim K, Jo YH, Rhee JE, Lee JH, u. a. Effect of pain control in suspected acute appendicitis on the diagnostic accuracy of surgical residents. *CJEM.* Januar 2015;17(1):54–61.
56. Andersson REB. Meta-analysis of the clinical and laboratory diagnosis of appendicitis. *Br J Surg.* 29. Dezember 2003;91(1):28–37.

57. Shogilev D, Duus N, Odom S, Shapiro N. Diagnosing Appendicitis: Evidence-Based Review of the Diagnostic Approach in 2014. *West J Emerg Med.* 1. November 2014;15(7):859–71.
58. Henne-Bruns D. et al. *Duale Reihe: Chirurgie.* Stuttgart: Thieme; 2007. (Duale Reihe).
59. Humes DJ, Simpson J. Acute appendicitis. *BMJ.* 9. September 2006;333(7567):530–4.
60. Benabbas R, Hanna M, Shah J, Sinert R. Diagnostic Accuracy of History, Physical Examination, Laboratory Tests, and Point-of-care Ultrasound for Pediatric Acute Appendicitis in the Emergency Department: A Systematic Review and Meta-analysis. Alpern E, Herausgeber. *Acad Emerg Med.* Mai 2017;24(5):523–51.
61. Cardall T, Glasser J, Guss DA. Clinical Value of the Total White Blood Cell Count and Temperature in the Evaluation of Patients with Suspected Appendicitis. *Acad Emerg Med.* Oktober 2004;11(10):1021–7.
62. Soldo I, Radisic Biljak V, Bakula B, Bakula M, Simundic AM. The diagnostic accuracy of clinical and laboratory parameters in the diagnosis of acute appendicitis in the adult emergency department population - a case control pilot study. *Biochem Medica.* 15. Oktober 2018;28(3):030712.
63. Li Y, Zhang Z, Cheang I, Li X. Procalcitonin as an excellent differential marker between uncomplicated and complicated acute appendicitis in adult patients. *Eur J Trauma Emerg Surg.* August 2020;46(4):853–8.
64. Hauser H. Appendix. In: Hauser H, Buhr HJ, Mischinger HJ, Herausgeber. *Akutes Abdomen* [Internet]. Vienna: Springer Vienna; 2016 [zitiert 3. April 2024]. S. 413–24. Verfügbar unter: http://link.springer.com/10.1007/978-3-7091-1473-5_42
65. Téoule P, De Laffolie J, Rolle U, Reißfelder C. Acute Appendicitis in Childhood and Adulthood: An Everyday Clinical Challenge. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 6. November 2020 [zitiert 3. April 2024]; Verfügbar unter: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2020.0764>
66. Garcia EM, Camacho MA, Karolyi DR, Kim DH, Cash BD, Chang KJ, u. a. ACR Appropriateness Criteria® Right Lower Quadrant Pain-Suspected Appendicitis. *J Am Coll Radiol.* November 2018;15(11):S373–87.
67. Raja AS, Wright C, Sodickson AD, Zane RD, Schiff GD, Hanson R, u. a. Negative Appendectomy Rate in the Era of CT: An 18-year Perspective. *Radiology.* August 2010;256(2):460–5.
68. Florence M, Flum DR, Jurkovich GJ, Lin P, Steele SR, Symons RG, u. a. Negative Appendectomy and Imaging Accuracy in the Washington State Surgical Care and Outcomes Assessment Program. *Ann Surg.* Oktober 2008;248(4):557–63.
69. Amboss [Internet]. Sonografie. Verfügbar unter: <https://next.amboss.com/de/article/4n03tg>
70. Doria AS, Moineddin R, Kellenberger CJ, Epelman M, Beyene J, Schuh S, u. a. US or CT for Diagnosis of Appendicitis in Children and Adults? A Meta-Analysis. *Radiology.* Oktober 2006;241(1):83–94.
71. Sahm M, Pross M, Lippert H. Akute Appendizitis - Wandel in Epidemiologie, Diagnostik und Therapie. *Zentralblatt Für Chir.* Februar 2011;136(01):18–24.
72. Reuvers JRDR, Rijbroek AA. [Acute appendicitis: preference for second ultrasound instead of CT or MRI]. *Ned Tijdschr Geneesk.* 2015;160:A9480.
73. Schuh S, Chan K, Langer JC, Kulik D, Preto-Zamperlini M, Aswad NA, u. a. Properties of Serial Ultrasound Clinical Diagnostic Pathway in Suspected Appendicitis and Related Computed Tomography Use. Stevenson MD, Herausgeber. *Acad Emerg Med.* April 2015;22(4):406–14.
74. Binnebösel M, Otto J, Stumpf M, Mahnken AH, Gaßler N, Schumpelick V, u. a. Akute Appendizitis: Moderne Diagnostik – der chirurgische Ultraschall. *Chir.* Juli 2009;80(7):579–87.

75. Hunold P, Janssen I, Kinner S, Schlamann M. Bildgebende Verfahren: Röntgen, Ultraschall, CT, Nuklearmedizin. In: Marx G, Muhl E, Zacharowski K, Zeuzem S, Herausgeber. Die Intensivmedizin [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2015 [zitiert 3. April 2024]. S. 215–70. Verfügbar unter: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-54953-3_19
76. Di Saverio S, Birindelli A, Kelly MD, Catena F, Weber DG, Sartelli M, u. a. WSES Jerusalem guidelines for diagnosis and treatment of acute appendicitis. *World J Emerg Surg.* Dezember 2016;11(1):34.
77. National Surgical Research Collaborative, Bhangu A. Multicentre observational study of performance variation in provision and outcome of emergency appendicectomy. *Br J Surg.* 10. Juli 2013;100(9):1240–52.
78. Jung JY, Na JU, Han SK, Choi PC, Lee JH, Shin DH. Differential diagnoses of magnetic resonance imaging for suspected acute appendicitis in pregnant patients. *World J Emerg Med.* 2018;9(1):26.
79. Von Schweinitz D, Ure B. Kinderchirurgie: Viszerale und allgemeine Chirurgie des Kindesalters [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009 [zitiert 3. April 2024]. Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-89032-4>
80. Ohle R, O'Reilly F, O'Brien KK, Fahey T, Dimitrov BD. The Alvarado score for predicting acute appendicitis: a systematic review. *BMC Med.* Dezember 2011;9(1):139.
81. Gope D, Dnayanmote AS, Thakkar SM, Tulsian AR, Kutty SA, Ranka M, u. a. Comparison between AIR score and Alvarado score in cases of non-perforated and perforated acute appendicitis. *Int Surg J.* 26. März 2019;6(4):1108.
82. Kamran H, Naveed D, Asad S, Hameed M, Khan U. Evaluation of modified Alvarado score for frequency of negative appendicectomies. *J Ayub Med Coll Abbottabad JAMC.* 2010;22(4):46–9.
83. Sulo S, Al-Atrakchi H. The modified alvarado score versus alvarado score in the diagnosis of acute appendicitis. *Med J Babylon.* 2019;16(3):203.
84. Kalan M, Talbot D, Cunliffe WJ, Rich AJ. Evaluation of the modified Alvarado score in the diagnosis of acute appendicitis: a prospective study. *Ann R Coll Surg Engl.* November 1994;76(6):418–9.
85. Kareem T, Ahmed N, Hussein S. Accuracy of Modified Alvarado Scoring System in Early Diagnosis of Acute Appendicitis. *Zanco J Med Sci.* 25. August 2009;13(2):8–13.
86. Kulik DM, Uleryk EM, Maguire JL. Does this child have appendicitis? A systematic review of clinical prediction rules for children with acute abdominal pain. *J Clin Epidemiol.* Januar 2013;66(1):95–104.
87. Karami MY, Niakan H, Zadebagheri N, Mardani P, Shayan Z, Deilami I. Which One is Better? Comparison of the Acute Inflammatory Response, Raja Isteri Pengiran Anak Saleha Appendicitis and Alvarado Scoring Systems. *Ann Coloproctology.* 31. Dezember 2017;33(6):227–31.
88. Atema JJ, Van Rossem CC, Leeuwenburgh MM, Stoker J, Boermeester MA. Scoring system to distinguish uncomplicated from complicated acute appendicitis. *Br J Surg.* 10. Juni 2015;102(8):979–90.
89. Gomes CA, Sartelli M, Di Saverio S, Ansaloni L, Catena F, Coccolini F, u. a. Acute appendicitis: proposal of a new comprehensive grading system based on clinical, imaging and laparoscopic findings. *World J Emerg Surg.* Dezember 2015;10(1):60.
90. Lotfollahzadeh S, Lopez RA, Deppen JG. Appendicitis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [zitiert 11. August 2025]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493193/>
91. Andersson RE. The Natural History and Traditional Management of Appendicitis Revisited: Spontaneous Resolution and Predominance of Prehospital Perforations Imply That

- a Correct Diagnosis is More Important Than an Early Diagnosis. *World J Surg.* Januar 2007;31(1):86–92.
92. Baird DLH, Simillis C, Kontovounisios C, Rasheed S, Tekkis PP. Acute appendicitis. *BMJ.* 19. April 2017;j1703.
93. Partecke, I., Saeger, D., Karrasch, A., von Bernstorff, W., Tepel, J. Unerwartete Befunde während der Laparoskopie bei erwarteter Akuter Appendizitis – ein Pro für die Laparoskopie als Standardverfahren. *Zentralblatt für Chirurgie* 131. 2006;
94. Lasek A, Pędziwiatr M, Wysocki M, Mavrikis J, Myśliwiec P, Stefura T, u. a. Risk factors for intraabdominal abscess formation after laparoscopic appendectomy – results from the Pol-LA (Polish Laparoscopic Appendectomy) multicenter large cohort study. *Videosurgery Miniinvasive Tech.* 2019;14(1):70–8.
95. Tuggle KRM, Ortega G, Bolorunduro OB, Oyetunji TA, Alexander R, Turner PL, u. a. Laparoscopic Versus Open Appendectomy in Complicated Appendicitis: A Review of the NSQIP Database. *J Surg Res.* Oktober 2010;163(2):225–8.
96. Pisanu A, Porceddu G, Reccia I, Saba A, Uccheddu A. Meta-analysis of studies comparing single-incision laparoscopic appendectomy and conventional multiport laparoscopic appendectomy. *J Surg Res.* August 2013;183(2):e49–59.
97. Ding J, Xia Y, Zhang Z min, Liao G qing, Pan Y, Liu S, u. a. Single-incision versus conventional three-incision laparoscopic appendectomy for appendicitis: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Surg.* Mai 2013;48(5):1088–98.
98. Van Dijk ST, Van Dijk AH, Dijkgraaf MG, Boermeester MA. Meta-analysis of in-hospital delay before surgery as a risk factor for complications in patients with acute appendicitis. *Br J Surg.* 14. Juni 2018;105(8):933–45.
99. Busch M, Gutzwiller FS, Aellig S, Kuettel R, Metzger U, Zingg U. In-hospital Delay Increases the Risk of Perforation in Adults with Appendicitis. *World J Surg.* Juli 2011;35(7):1626–33.
100. Gavriilidis P, de'Angelis N, Katsanos K, Di Saverio S. Acute Appendectomy or Conservative Treatment for Complicated Appendicitis (Phlegmon or Abscess)? A Systematic Review by Updated Traditional and Cumulative Meta-Analysis. *J Clin Med Res.* 2019;11(1):56–64.
101. Dong Y, Tan S, Fang Y, Yu W, Li N. [Meta-analysis of laparoscopic surgery versus conservative treatment for appendiceal abscess]. *Zhonghua Wei Chang Wai Ke Za Zhi Chin J Gastrointest Surg.* 25. Dezember 2018;21(12):1433–8.
102. Neugebauer EAM, Sauerland S. Guidelines for emergency laparoscopy. *World J Emerg Surg WJES.* 19. Oktober 2006;1(1):31.
103. Chang. AR. AN ANALYSIS OF THE PATHOLOGY OF 3003 APPENDICES. *Aust N Z J Surg.* April 1981;51(2):169–78.
104. Podda M, Cillara N, Di Saverio S, Lai A, Feroci F, Luridiana G, u. a. Antibiotics-first strategy for uncomplicated acute appendicitis in adults is associated with increased rates of peritonitis at surgery. A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials comparing appendectomy and non-operative management with antibiotics. *The Surgeon.* Oktober 2017;15(5):303–14.
105. Shindoh J, Niwa H, Kawai K, Ohata K, Ishihara Y, Takabayashi N, u. a. Predictive Factors for Negative Outcomes in Initial Non-operative Management of Suspected Appendicitis. *J Gastrointest Surg.* Februar 2010;14(2):309–14.
106. Huang L, Yin Y, Yang L, Wang C, Li Y, Zhou Z. Comparison of Antibiotic Therapy and Appendectomy for Acute Uncomplicated Appendicitis in Children: A Meta-analysis. *JAMA Pediatr.* 1. Mai 2017;171(5):426–34.
107. Vons C, Barry C, Maitre S, Pautrat K, Leconte M, Costaglioli B, u. a. Amoxicillin plus clavulanic acid versus appendectomy for treatment of acute uncomplicated

- appendicitis: an open-label, non-inferiority, randomised controlled trial. *The Lancet*. Mai 2011;377(9777):1573–9.
108. Salminen P, Tuominen R, Paaanen H, Rautio T, Nordström P, Aarnio M, u. a. Five-Year Follow-up of Antibiotic Therapy for Uncomplicated Acute Appendicitis in the APPAC Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 25. September 2018;320(12):1259.
109. O’Connell EP, White A, Cromwell P, Carroll E, Khan W, Waldron R, u. a. Non-operative treatment of appendicitis: public perception and decision-making. *Ir J Med Sci* 1971 -. November 2018;187(4):1029–38.
110. Loftus TJ, Brakenridge SC, Croft CA, Stephen Smith R, Efron PA, Moore FA, u. a. Successful nonoperative management of uncomplicated appendicitis: predictors and outcomes. *J Surg Res*. Februar 2018;222:212-218.e2.
111. Förster S, Reimer T, Rimbach S, Louwen F, Volk T, Bürkle H, u. a. CAMIC-Empfehlungen zur chirurgischen Laparoskopie aus nicht geburtshilflicher Indikation während der Schwangerschaft. *Zentralblatt Für Chir - Z Für Allg Visz Thorax- Gefäßchirurgie*. 23. Juli 2015;141(05):538–44.
112. Snyder MJ, Guthrie M, Cagle S. Acute Appendicitis: Efficient Diagnosis and Management. *Am Fam Physician*. 1. Juli 2018;98(1):25–33.
113. Liang TJ, Liu SI, Tsai CY, Kang CH, Huang WC, Chang HT, u. a. Analysis of Recurrence Management in Patients Who Underwent Nonsurgical Treatment for Acute Appendicitis. *Medicine (Baltimore)*. März 2016;95(12):e3159.
114. Mentula P, Sammalkorpi H, Leppäniemi A. Laparoscopic Surgery or Conservative Treatment for Appendiceal Abscess in Adults? A Randomized Controlled Trial. *Ann Surg*. August 2015;262(2):237–42.
115. Shekarriz S, Keck T, Kujath P, Shekarriz J, Strate T, Keller R, u. a. Comparison of conservative versus surgical therapy for acute appendicitis with abscess in five German hospitals. *Int J Colorectal Dis*. April 2019;34(4):649–55.
116. Simillis C, Symeonides P, Shorthouse AJ, Tekkis PP. A meta-analysis comparing conservative treatment versus acute appendectomy for complicated appendicitis (abscess or phlegmon). *Surgery*. Juni 2010;147(6):818–29.
117. Di Saverio S, Pata F, Gallo G, Carrano F, Scorza A, Sileri P, u. a. Coronavirus pandemic and colorectal surgery: practical advice based on the Italian experience. *Colorectal Dis*. Juni 2020;22(6):625–34.
118. Lee SL, Yaghoubian A, Kaji A. County versus private hospitals: access of care, management and outcomes for patients with appendicitis. *JSLs*. 2012;16(2):283–6.
119. Fugazzola P, Coccolini F, Tomasoni M, Stella M, Ansaloni L. Early appendectomy vs. conservative management in complicated acute appendicitis in children: A meta-analysis. *J Pediatr Surg*. November 2019;54(11):2234–41.
120. Al-Kurd A, Mizrahi I, Siam B, Kupietzky A, Hiller N, Beglaibter N, u. a. Outcomes of interval appendectomy in comparison with appendectomy for acute appendicitis. *J Surg Res*. Mai 2018;225:90–4.
121. Daskalakis K, Juhlin C, Pählman L. The use of pre- or postoperative antibiotics in surgery for appendicitis: A systematic review. *Scand J Surg*. März 2014;103(1):14–20.
122. Andersen B, Kallehave F, Andersen H. Antibiotics versus placebo for prevention of postoperative infection after appendectomy. In: *The Cochrane Collaboration, Herausgeber. The Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2003 [zitiert 3. April 2024]. S. CD001439. Verfügbar unter: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD001439>
123. Wilasrusmee C, Sukrat B, McEvoy M, Attia J, Thakkestian A. Systematic review and meta-analysis of safety of laparoscopic *versus* open appendectomy for suspected appendicitis in pregnancy. *Br J Surg*. 1. Oktober 2012;99(11):1470–8.

124. Lee SH, Lee JY, Choi YY, Lee JG. Laparoscopic appendectomy versus open appendectomy for suspected appendicitis during pregnancy: a systematic review and updated meta-analysis. *BMC Surg.* Dezember 2019;19(1):41.
125. Gorter RR, Eker HH, Gorter-Stam MAW, Abis GSA, Acharya A, Ankersmit M, u. a. Diagnosis and management of acute appendicitis. EAES consensus development conference 2015. *Surg Endosc.* November 2016;30(11):4668–90.
126. Dowgiało-Wnukiewicz N, Kozera P, Wójcik W, Lech P, Rymkiewicz P, Michalik M. Surgical treatment of acute appendicitis in older patients. *Pol J Surg.* 7. Februar 2019;91(2):12–5.
127. Ciarrocchi A, Amicucci G. Laparoscopic versus open appendectomy in obese patients: A meta-analysis of prospective and retrospective studies. *J Minimal Access Surg.* 2014;10(1):4.
128. Kitaoka K, Saito K, Tokuyue K. Significance of CD4+ T-cell count in the management of appendicitis in patients with HIV. *Can J Surg.* Dezember 2015;58(6):429–30.
129. Tolomeo M, Cascio A. The Complex Dysregulations of CD4 T Cell Subtypes in HIV Infection. *Int J Mol Sci.* 9. Juli 2024;25(14):7512.
130. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. *J Chronic Dis.* Januar 1987;40(5):373–83.
131. Tankel J, Keinan A, Blich O, Koussa M, Helou B, Shay S, u. a. The Decreasing Incidence of Acute Appendicitis During COVID-19: A Retrospective Multi-centre Study. *World J Surg.* August 2020;44(8):2458–63.
132. Orthopoulos G, Santone E, Izzo F, Tirabassi M, Pérez-Caraballo AM, Corriveau N, u. a. Increasing incidence of complicated appendicitis during COVID-19 pandemic. *Am J Surg.* Mai 2021;221(5):1056–60.
133. Kvasnovsky CL, Shi Y, Rich BS, Glick RD, Soffer SZ, Lipskar AM, u. a. Limiting hospital resources for acute appendicitis in children: Lessons learned from the U.S. epicenter of the COVID-19 pandemic. *J Pediatr Surg.* Mai 2021;56(5):900–4.
134. Poget M, Chautems R, Kohler R, Diana M, Saadi A. Impact of the COVID-19 pandemic on the severity and management of acute appendicitis. *Front Surg.* 1. September 2022;9:981885.
135. Zaikos TD, Boudiab EM, Peshel EC, Wu AA, Dyer E, Haut ER, u. a. Acute appendicitis severity during the early COVID-19 pandemic period. *Trauma Surg Acute Care Open.* August 2021;6(1):e000809.
136. Chaochankit W, Boochoa A, Samphao S. Negative appendectomy rate in patients diagnosed with acute appendicitis. *BMC Surg.* 22. November 2022;22(1):404.
137. Kollias TF, Gallagher CP, Albaashiki A, Burle VS, Slouha E. Sex Differences in Appendicitis: A Systematic Review. *Cureus.* Mai 2024;16(5):e60055.
138. Capoglu R, Gonullu E, Bayhan Z, Coskun M, Harmantepe T, Kucuk F. Comparison of scoring systems regarding the gender as a parameter with the traditional scoring systems for predicting appendicitis. *Updat Surg.* Juni 2022;74(3):1035–42.
139. Vigil Escalera Bejarano M, Gallardo-Navarro E, Gomez López JM, Tirado Cortes AA. Association Between Patient Age and Severity in Acute Appendicitis. *Cureus.* Mai 2025;17(5):e83431.
140. Omari AH, Khammash MR, Qasaimeh GR, Shammari AK, Yaseen MKB, Hammori SK. Acute appendicitis in the elderly: risk factors for perforation. *World J Emerg Surg WJES.* 15. Januar 2014;9(1):6.
141. Teixeira FJR, Couto Netto SDD, Akaishi EH, Utiyama EM, Menegozzo CAM, Rocha MC. Acute appendicitis, inflammatory appendiceal mass and the risk of a hidden malignant tumor: a systematic review of the literature. *World J Emerg Surg.* Dezember 2017;12(1):12.

142. Cimpean S, Barranquero AG, Surdeanu I, Cadiere B, Cadiere GB. Implications of bacteriological study in complicated and uncomplicated acute appendicitis. *Ann Coloproctology* [Internet]. 10. November 2022 [zitiert 10. September 2025]; Verfügbar unter: <http://www.coloproctol.org/journal/view.php?doi=10.3393/ac.2022.00157.0022>
143. Yeob KE, Kim SY, Park JE, Park JH. Complicated Appendicitis Among Adults With and Without Disabilities: A Cross-Sectional Nationwide Study in South Korea. *Front Public Health*. 2022;10:813608.
144. Al Sabr A, Aljohani A, Althoubi S, Al Marzoqi M, Almutairi M, Al Enizy FB, u. a. Surgical Complications Following Appendectomy in Obese Patients: A Single Tertiary Care Center Study. *Cureus* [Internet]. 19. November 2024 [zitiert 7. September 2025]; Verfügbar unter: <https://www.cureus.com/articles/226762-surgical-complications-following-appendectomy-in-obese-patients-a-single-tertiary-care-center-study>
145. Sauvain MO, Tschirky S, Patak MA, Clavien PA, Hahnloser D, Muller MK. Acute appendicitis in overweight patients: the role of preoperative imaging. *Patient Saf Surg*. Dezember 2016;10(1):13.
146. Lamture YR, Gajbhiye VP. The role of rebound tenderness in acute appendicitis and appendicular perforation. *Int Surg J*. 25. Januar 2017;4(2):725.
147. Rastogi V, Singh D, Tekiner H, Ye F, Kirchenko N, Mazza JJ, u. a. Abdominal Physical Signs and Medical Eponyms: Physical Examination of Palpation Part 1, 1876–1907. *Clin Med Res*. Dezember 2018;16(3–4):83–91.
148. Briggs B. A New Standard for Diagnosing Appendicitis. *Emerg Med News*. Mai 2023;45(5):1,28-28.
149. Yale SH, Tekiner H, Yale ES. Signs and syndromes in acute appendicitis: A pathophysiologic approach. *World J Gastrointest Surg*. 27. Juli 2022;14(7):727–30.
150. Yesilalioglu S. Systemic inflammatory markers for distinguishing uncomplicated and complicated acute appendicitis in adult patients. *North Clin Istanb* [Internet]. 2023 [zitiert 7. September 2025]; Verfügbar unter: https://jag.journalagent.com/nci/pdfs/NCI-79027-RESEARCH_ARTICLE-AZ.pdf
151. De Castro SMM, Ünlü Ç, Steller EPh, Van Wagenveld BA, Vrouwenraets BC. Evaluation of the Appendicitis Inflammatory Response Score for Patients with Acute Appendicitis. *World J Surg*. Juli 2012;36(7):1540–5.
152. Haak F, Kollmar O, Ioannidis A, Slotta JE, Ghadimi MB, Glass T, u. a. Predicting complicated appendicitis based on clinical findings: the role of Alvarado and Appendicitis Inflammatory Response scores. *Langenbecks Arch Surg*. 11. Mai 2022;407(5):2051–7.
153. Strohäker J, Brüscke M, Feng YS, Beltzer C, Königsrainer A, Ladurner R. Predicting complicated appendicitis is possible without the use of sectional imaging—presenting the NoCtApp score. *Int J Colorectal Dis*. 19. August 2023;38(1):218.
154. Talabi AO, Adedeji TA, Sowande OA, Adejuyigbe O. Predictive values of Alvarado score, serum C-reactive protein, and white blood cell count in the diagnosis of acute appendicitis: a prospective study. *Ann Pediatr Surg*. Dezember 2021;17(1):8.
155. Fujiwara K, Abe A, Masatsugu T, Hirano T, Hiraka K, Sada M. Usefulness of several factors and clinical scoring models in preoperative diagnosis of complicated appendicitis. *PloS One*. 2021;16(7):e0255253.
156. Yamashita H, Yuasa N, Takeuchi E, Goto Y, Miyake H, Miyata K, u. a. Diagnostic value of procalcitonin for acute complicated appendicitis. *Nagoya J Med Sci*. Februar 2016;78(1):79–88.
157. Dale L. The Use of Procalcitonin in the Diagnosis of Acute Appendicitis: A Systematic Review. *Cureus* [Internet]. 14. Oktober 2022 [zitiert 7. September 2025]; Verfügbar unter: <https://www.cureus.com/articles/119677-the-use-of-procalcitonin-in-the-diagnosis-of-acute-appendicitis-a-systematic-review>

158. Salminen P, Paajanen H, Rautio T, Nordström P, Aarnio M, Rantanen T, u. a. Antibiotic Therapy vs Appendectomy for Treatment of Uncomplicated Acute Appendicitis: The APPAC Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 16. Juni 2015;313(23):2340.
159. The CODA Collaborative. A Randomized Trial Comparing Antibiotics with Appendectomy for Appendicitis. *N Engl J Med*. 12. November 2020;383(20):1907–19.
160. Scheijmans JCG, Bom WJ, Ghori UH, Van Geloven AAW, Hannink G, Van Rossem CC, u. a. Development and Validation of the Scoring System of Appendicitis Severity 2.0. *JAMA Surg*. 1. Juni 2024;159(6):642.
161. Kibbe MR. *JAMA Surgery* —The Year in Review 2024. *JAMA Surg*. 1. Mai 2025;160(5):481.
162. Kim M, Park T, Kang J, Kim MJ, Kwon MJ, Oh BY, u. a. Development and validation of automated three-dimensional convolutional neural network model for acute appendicitis diagnosis. *Sci Rep*. 5. März 2025;15(1):7711.
163. Tayebi A, Olamaeian F, Mostafavi K, Khosravi K, Tizmaghz A, Bahardoust M, u. a. Assessment of Alvarado criteria, ultrasound, CRP, and their combination in patients with suspected acute appendicitis: a single centre study. *BMC Gastroenterol* [Internet]. 31. Juli 2024 [zitiert 17. Juli 2025];24(1). Verfügbar unter: <https://bmcgastroenterol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12876-024-03333-5>
164. Bolmers MDM, Bom WJ, Scheijmans JCG, Van Geloven AAW, Boermeester MarjaA, Bemelman WA, u. a. Accuracy of imaging in discriminating complicated from uncomplicated appendicitis in daily clinical practice. *Int J Colorectal Dis*. Juni 2022;37(6):1385–91.
165. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Hobbs N, Mansour M. Neutrophil-to-lymphocyte ratio predicts acute appendicitis and distinguishes between complicated and uncomplicated appendicitis: A systematic review and meta-analysis. *Am J Surg*. Januar 2020;219(1):154–63.
166. Kumar MSV, Tiwari MK, Singh J, Malik A. Plasma Fibrinogen: An Independent Predictor of Pediatric Appendicitis. *J Indian Assoc Pediatr Surg*. 2021;26(4):240–5.
167. Podda M, Gerardi C, Cillara N, Fearnhead N, Gomes CA, Birindelli A, u. a. Antibiotic Treatment and Appendectomy for Uncomplicated Acute Appendicitis in Adults and Children: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Surg*. Dezember 2019;270(6):1028–40.
168. Alajääski J, Lietzén E, Grönroos JM, Mecklin JP, Leppäniemi A, Nordström P, u. a. The association between appendicitis severity and patient age with appendiceal neoplasm histology—a population-based study. *Int J Colorectal Dis*. Mai 2022;37(5):1173–80.
169. Mällinen J, Rautio T, Grönroos J, Rantanen T, Nordström P, Savolainen H, u. a. Risk of Appendiceal Neoplasm in Periappendicular Abscess in Patients Treated With Interval Appendectomy vs Follow-up With Magnetic Resonance Imaging: 1-Year Outcomes of the Peri-Appendicitis Acuta Randomized Clinical Trial. *JAMA Surg*. 1. März 2019;154(3):200.
170. Naar L, Kim P, Byerly S, Vasileiou G, Zhang H, Yeh DD, u. a. Increased risk of malignancy for patients older than 40 years with appendicitis and an appendix wider than 10 mm on computed tomography scan: A post hoc analysis of an EAST multicenter study. *Surgery*. Oktober 2020;168(4):701–6.

7.3 Danksagung

7.4 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich, Sarah Holzhauer, versichere ehrenwörtlich durch meine eigenhändige Unterschrift, dass die vorgelegte Arbeit mit dem Thema: Untersuchung klinischer Zeichen, laborchemischer Werte und Scores zur präoperativen Differenzierung einer unkomplizierten von einer komplizierten Appendizitisselbstständig, ohne Zuhilfenahme unerlaubter Hilfsmittel und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die in dieser Arbeit angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Ich bestätige die Richtlinien zur Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis eingehalten zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“, www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die entsprechenden Kapitel zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM und werden von mir verantwortet.

Bad Kreuznach, den 07.04.2025

7.5 Lebenslauf